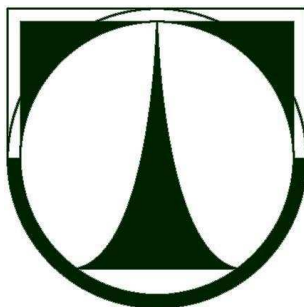


Technická univerzita v Liberci

Hálkova 6, 46117 Liberec

Fakulta textilní



Studijní program: N3106 Textilní inženýrství

Studijní obor: Textilní a oděvní technologie

Využití a ekonomické vyhodnocení ultrazvukového spojování
pro potřeby závodu Johnson Controls Česká Lípa

Utilization and economical evaluation of ultrasonic welding
for needs of Johnson Controls in Česká Lípa

Bc. Eva Řihošková

KOD/2009/06/14 MS

Vedoucí práce: **Ing. Petra Komárková, PhD.**

Rozsah práce: 89 stran

Počet příloh: 3

Počet obrázků: 24

Počet tabulek: 14

Počet grafů: 12

Prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním diplomové práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne 29. 5. 2009

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych chtěla poděkovat vedoucí této diplomové práce, Ing. Petře Komárkové, PhD., za cenné rady, připomínky a v neposlední řadě za její trpělivost.

Zvláštní poděkování patří mým blízkým za nesmírnou podporu a důvěru.

Děkuji.

ABSTRAKT

Tato diplomová práce je vypracována na žádost firmy Johnson Controls Česká Lípa. Cílem práce je zjistit možnost využití ultrazvukového spojování při výrobě potahů automobilových sedadel v této firmě. Pokud bude mít experiment kladný výsledek, provést ekonomické vyhodnocení zavedení tohoto způsobu spojování v podniku zjistit tak návratnost této investice.

V teoretické části diplomové práce jsou popsány konvenční i nekonvenční způsoby spojování textilních materiálů. Její hlavní část je zaměřena na podrobný popis principů spojování pomocí ultrazvukové energie.

Cílem experimentu bylo zjistit, zda je možné spojit materiál, který určila firma Johnson Controls Česká Lípa, ultrazvukem na stroji Pfaff 8310 - 043, tak, aby bylo dosaženo kvalitního spoje. Následně byla testována pevnost vytvořených spojů. Pevnost byla měřena podle normy GMW14145 (General Motors Worldwide engineering standards), kterou pro testování pevnosti spoje používá firma Johnson Controls.

Jelikož byl výsledek experimentu záporný, ekonomické vyhodnocení nebylo provedeno.

Klíčová slova: ultrazvuk, ultrazvukové spojování textilií, nekonvenční spojování textilií, automobilová sedadla, potahy automobilových sedadel, technické konfekce

ABSTRACT

This thesis has been commissioned by the firm Johnson Controls Česká Lípa. The aim of the thesis is to find out the possibility of using ultrasonic welding in the production of automotive seat covers in this firm. If the outcome of this experiment is positive, it is necessary to carry out the economic evaluation whether the introduction of this way of welding provides the return on investment for the firm.

The theoretical part describes both conventional and unconventional ways of jointing the textile materials. Its main part shows the detailed description of jointing principles using ultrasonic energy.

The aim of the experiment was to find out whether it is possible to join the material given by the firm Johnson Controls Česká Lípa using ultrasound in the machine Pfaff 8310 – 043, thus achieving a quality joint. Subsequently, the joint strength was tested. The strength was measured according to GMW14145 (General Motors Worldwide engineering standards), which is used for joint strength measurements by Johnson Controls.

As the result of the experiment was negative, the economic evaluation was not carried out.

Key words: ultrasound, ultrasonic welding of textiles, unconventional methods of textile jointing, automotive seats, automotive seat covers, technical clothing.

Obsah:

ÚVOD	8
1 HISTORIE SPOJOVÁNÍ TEXTILNÍCH MATERIÁLŮ	10
2 SPOJOVÁNÍ TEXTILNÍCH MATERIÁLŮ	13
2.1 Konvenční způsoby spojování textilních materiálů	13
2.2 Nekonvenční způsoby spojování textilních materiálů	18
2.2.1 Lepení	18
2.2.2 Nýtování	19
2.2.3 Svařování	19
3 ULTRAZVUKOVÉ SPOJOVÁNÍ TEXTILNÍCH MATERIÁLŮ	23
3.1 ULTRAZVUKOVÁ ENERGIE	23
3.2 Využití ultrazvukové energie	25
3.3 Princip ultrazvukového svařování termoplastů	27
3.3.1 Parametry ovlivňující kvalitu spoje	27
3.4 Aplikace ultrazvukového pojení v textilním průmyslu	28
3.4.1 Použití ultrazvukového pojení v praxi	30
3.5 Ultrazvukové svařovací stroje	33
4 TEXTILNÍ MATERIÁLY PRO AUTOMOBILOVÝ PRŮMYSL	36
4.1 Automobilová sedadla	37
4.2 Materiály pro automobilová sedadla	41
5 FIRMA JOHNSON CONTROLS	43
5.1 Historie firmy Johnson Controls	43
5.2 Závod Johnson Controls Česká Lípa	45
5.2.1 Spojovací proces v závodu Johnson Controls Česká Lípa	46
EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST DIPLOMOVÉ PRÁCE	48
6 STROJ PRO ULTRAZVUKOVÉ SVAŘOVÁNÍ TEXTILIÍ PFAFF 8310 - 043	49
7 TESTOVÁNÍ PEVNOSTI SPOJE	53
8 TESTOVACÍ VZORKY – SPOJOVÁNÍ A PEVNOST	55
8.1 Parametry spojů	55

8.2	Hotovení vzorků pomocí spojovacího kolečka „B“	61
8.3	Hotovení vzorků pomocí spojovacího kolečka „A“	65
8.4	Hotovení vzorků pomocí spojovacího kolečka „C“	70
9	DISKUZE VÝSLEDKŮ	73
9.1	Spoje zhotovené pomocí spojovacího kolečka „B“	73
9.2	Spoje zhotovené pomocí spojovacího kolečka „A“	79
9.3	Spoje zhotovené pomocí spojovacího kolečka „C“	84
9.4	Rekapitulace výsledků	85
10	ZÁVĚR	87
	POUŽITÁ LITERATURA:.....	89

Příloha č. 1 - Rozbor materiálu použitého v experimentu

Příloha č. 2 - Výsledky měření pevnosti spojů

Příloha č. 3 - Průběh zkoušek pevnosti spojů - grafy

Úvod

Tato diplomová práce je zaměřena na zjištění možnosti aplikace nekonvenční technologie spojování textilních materiálů do průmyslové výroby.

Současná situace v průmyslové oblasti vyžaduje, aby se podniky, chtějí-li si udržet stávající pozici na trhu, co nejlépe přizpůsobily aktuálním podmínkám. Nutná je včasná reakce na měnící se situaci. Aby firmy udržely krok s konkurencí, musí se neustále zajímat o nové technologie a novinky v oblasti výrobní techniky. Jednoduše nezaspat vývoj, který kráčí neustále kupředu a na nikoho nepočká.

Johnson Controls je firma světových měřitek, se sídlem ve Spojených státech, která je rozdělená do tří divizí. Jedna z těchto divizí je zaměřena na výrobu interiérů automobilů. Součástí firmy jsou i četná vývojová pracoviště, která se zabývají vývojem nových technologií a jejich aplikací do praxe. Závod v České Lípě se zabývá výrobou potahů automobilových sedadel. Tuto práci firma zadala, aby zjistila, zda lze při takto specifické výrobě použít nekonvenční spojování materiálů pomocí ultrazvukové energie. Pro typ materiálu, který je specifický pro tuto výrobu, není doposud známo, jak se bude při endotermickém svařování chovat. K těmto účelům se doposud ultrazvukové spojování nepoužívalo.

Pokud bude mít experiment kladný výsledek a bude shledáno, že materiály používané při výrobě autopotahů, je možné spojovat pomocí ultrazvuku, bude nutné zpracovat ekonomické vyhodnocení zavedení této technologie do výroby.

Ultrazvukové spojování, má oproti klasickému šití celou řadu výhod. Při jeho výrobě není zapotřebí nití. Kromě úspory za nákup nití, dochází následně i k úsporám časovým. Odpadá spotřeba času, kterou si při spojování šitím vyžádají přestávky potřebné např. na výměnu spodní a horní nitě, nebo výměnu zlomené jehly. Aby však bylo možné prokázat, že při použití této výroby opravdu dojde k nějaké úspoře, je nutné toto tvrzení podepřít kvalitním výpočtem ekonomické návratnosti investice, aplikovaným na konkrétní výrobu.

V praktické části diplomové práce budou popsány metody spojování textilních materiálů. Pozornost bude věnována především spojování pomocí ultrazvukové energie. Bude popsán princip spojení materiálu ultrazvukem, požadavky na materiál a stručně

popsána strojní zařízení, která umožňují tímto způsobem textilie spojovat. Část praktické části práce bude zaměřena i na popis možností využití ultrazvukového spojování, protože v mnoha oblastech oděvního průmyslu a průmyslu technických konfekcí se již spojování ultrazvukem používá zcela běžně.

Experimentální část se pak zaměří na hledání optimálních parametrů spojování určeného materiálu. Je nutné dosáhnout natolik kvalitního spoje, který odolá zátěži, jaké je denně vystaven potah automobilového sedadla. Podle firmy Johnson Controls je tato pevnost rovna hodnotě 320 N/5cm.

Experiment bude proveden s využitím zařízení Pfaff 8310 umístěného na Katedře oděvnictví.

1 Historie spojování textilních materiálů

Historie spojování textilií jde ruku v ruce s potřebou člověka obléct své tělo. Oděv je odpradáвна jednou ze základních potřeb člověka. Oděv nejprve sloužil k ochraně těla před různými povětrnostními vlivy, později nabyl i estetického významu.

Jak se s postupem času prohlubovali technické znalosti lidstva, vyvíjely se textilie, způsob jejich spojování, i samotný oděv dostal značného vývoje. Lidé nacházeli nové způsoby zpracování surovin, přestali používat k zakrytí těla pouze kožešiny, naučili se zpracovávat nejprve srst zvířat, později se jim podařilo získat vlákna z rostlin. Z vláken vznikala příze a různými způsoby provazování přízí spatřily světlo světa první plošné textilie. Tkaniny, pleteniny, ale i netkané textilie ze samostatných vláken.

Pro vývoj oděvu byl důležitý způsob spojování textilií. Nejprve si lidé textilie přivazovali různými způsoby na tělo, postupně přišli na to, že mohou textilie propíchnout a svázat střívky zvířat nebo trávou, později nití. Tak vzniklo šití a první primitivní šicí jehly.

Jehla patří k nejstarším nástrojům člověka. Nejprve se používaly ostré trny a kůstky, později drátěné jehly, kované, pilované a leštěné. V r. 1650 byla v Anglii zřízena první továrna na výrobu jehel. [2]

Velmi dlouhou dobu se spojovali textilní materiály pouze ručním šitím. Mohutný rozvoj průmyslové výroby ve 2. polovině 18. století přinesl snahu nahradit málo produktivní ruční šití šitím strojovým. První stroje byly velmi primitivní a neuplatnili se. Otročky napodobovaly ruční šití.

První pokus se datuje roku 1755, kdy získal Charles Friedrich Weisenthal v Anglii patent na šicí stroj s jehlou na obou koncích zašpičatělou a s ouškem uprostřed. V roce 1780 Němec Baltazar Krems vynalezl, a jako první u svého stroje použil, jehlu s ouškem umístěným nad hrotem jehly. Technika tvoření stehu u tohoto stroje dala základ šicí technice používané dodnes. Kremsův šicí stroj i obdobné stroje dalších vynálezců vytvářeli řetízkový steh.

První, ale bezúspěšný pokus o šicí stroj s vázaným stehem učinil Rakušan Josef Madesperger v letech 1807 – 1839.

Teprve v roce 1845 předvedl s úspěchem bostonský mechanik Elias Howe svůj šicí stroj s vázaným stehem, samočinným posouváním a rychlostí 300 stehů za minutu. Jeho vynález umožnil zahájení průmyslové výroby šicích strojů a jejich široké využití.

Výrobou šicích strojů se jako první začal zabývat Američan Isaac Marrit Singer. Konstrukteři jeho firmy provedli řadu zlepšení Howeovy konstrukce a roku 1852 byla zahájena výroba. Postupem času firmě Singer vyrostl v Evropě velký konkurent v dalším výrobci šicích strojů, Michaelu Pffafovi, a postupně v řadě dalších průmyslníků. Vzájemná konkurence přinášela stálé zlepšování.

Po roce 1865 byl do té doby používaný ruční pohon klikou nahrazen pohonem šlapacím. Za dalších 50 let byl vyvinut pohon elektrický. Pak šel vývoj vpřed rychleji. Objevili se speciální šicí stroje, konstruované pro určitý druh práce, u běžných strojů se zvyšovaly otáčky, stroje se doplňovaly různými přídatnými zařízeními. [1]

Další revoluce ve spojování textilních materiálů nastala po objevu syntetických materiálů, které s postupem času ovlivnili všechny lidské činnosti. V současné době už snad nenalezneme místo nebo lidskou činnost, kde by nebyl nějaký plast využit.

Úplně první plast vynalezl v roce 1855 Angličan Alexander Parkes, který pojmenoval parkesin. Jeho cílem bylo nalézt umělou náhražku slonoviny. Z chemického hlediska se jednalo o nitrát celulózy.

První plně syntetický plast vynalezl v roce 1909 Leo Hendrik Baekeland, Belgičan žijící v USA. Svůj vynález pojmenoval bakelit. Byl vyroben ze směsi fenolu a formaldehydu. Jednalo se o termoset. Jeho prvotní určení bylo jako izolační pryskyřice na obalení drátů v elektromotorech a generátorech.

A vývoj plastů šel dál. Po První světové válce vyvinula německá firma IG Farben první polystyren a polyvinylchlorid. Jejich výrazný rozmach však nastal až v 50. letech 20. století.

Ve 30. letech 20. století vyvinula americká firma DuPont polyamid, ve světě velmi dobře známý jako Nylon. První plně syntetické vlákno. Projekt nazvaný „Fiber 66“ vedli Wallace Carothers a Elmer Keiser. Nylon byl poprvé použit na štětiny zubních kartáčků. Proslavily ho však především dámské punčochy. [20]

Tak začala éra syntetických textilních materiálů, které jsou dnes velmi rozšířené. Proč jsou však důležité pro vývoj spojování textilních materiálů?

Téměř všechny syntetické materiály používané pro výrobu textilních materiálů jsou termoplasty, tzn., že se při zvyšující teplotě taví. Tato vlastnost dovolila vznik

nových, takzvaně nekonvenčních způsobů spojování textilních materiálů. Syntetické textilní materiály se začaly „svažovat“.

Nejprve se svažovali exotermicky, což je nejjednodušší a velmi levný způsob svažování termoplastických materiálů. V tomto případě se teplo přivádí do svažovaného spoje z vnější nebo vnitřní strany nějakým zahřátým nástrojem. Někdy je tato technologie označována také jako termokonduktivní.

Později byl vyvinut endotermický způsob svažování termoplastů. Princip spočívá v tom, že teplo není do spoje přiváděno z vnějšku, ale vytváří se působením nějaké energie ve styčných plochách svažovaného spoje. K vytvoření tepla se využívá vysokofrekvenční nebo ultrazvukové vlnění. Tento způsob pojení textilních materiálů se začal vyvíjet ve druhé polovině 20. století. [1]

Odborná veřejnost považuje za oblast využití těchto technologií především výrobu technických konfekcí.

2 Spojování textilních materiálů

Spojovacímu procesu byla v průmyslové oděvní výrobě věnována vždy prvořadá pozornost, protože:

- tvoří osu výrobního procesu
- umožňuje vytváření největší aglomerace pracovníků
- je nejsložitější fází výrobního procesu
- je časově nejnáročnější

Kromě toho dává největší předpoklady pro mechanizaci a svým charakterem podstatně ovlivňuje způsob zpracování oděvních materiálů. Spojovací proces zahrnuje nejvíce pracovních prostředků, které svou povahou vymezují plynulost výrobního toku. [3]

Spojení textilních materiálů je možné několika způsoby. Obecně se tyto technologie rozdělují na konvenční a nekonvenční. Každá z těchto metod má své klady i zápory. Jejich použití je specifické, a pro správný výběr způsobu spojení konkrétních součástí je nutné znát jak vlastnosti materiálu, tak i vlastnost zvoleného spoje. Tato kapitola poskytne přehled o možných způsobech spojování textilních materiálů, možnostech použití a jejich specifických vlastnostech.

2.1 Konvenční způsoby spojování textilních materiálů

Za konvenční způsob spojení dvou nebo více vrstev textilního materiálu, je považováno ruční a strojové šití.

Šití je obecný způsob zpracování nehomogenních, především elastických materiálů, na jedné vrstvě nebo na více vrstvách současně, zejména jejich spojování v rámci dílčího výrobního procesu spojovacího – šití. Tento proces se obecně uskutečňuje propíchnutím šitého materiálu a zavedením šicího materiálu jehlou ručně nebo strojově.

Základní stavební jednotkou šití je steh. Je to rovinný nebo prostorový útvar, vytvořený skupinou šicího materiálu v šitém materiálu a to ručně nebo strojově. Opakováním stehů ve stejných odstupech vznikne řada stehů. [4]

Podle způsobu tvorby stehu se stehy dělí do tří základních skupin:

Ruční šití – (stehy ruční) charakteristickým rysem ručního šití je, že po propíchnutí šitého materiálu jehlou, na jejímž konci odvráceném od špičky je návlek šicího materiálu v omezené délce, je jeden konec šicího materiálu na rubové a druhý na lícni straně a opakováním různými způsoby provázání se materiál spojí. Klička nitě je fixována (provázána) šitým materiálem. [3]

Strojové šití - charakteristickým znakem strojového šití je, že po propíchnutí šitého materiálu jehlou, na jejímž konci přivráceném ke špičce je návlek šicího materiálu v omezené délce, se různými způsoby provázování nebo proplétání šicího materiálu spojí šitý materiál. [3]

Rozlišujeme dva základní způsoby provázání šicího materiálu při strojovém šití:

stehy vázané – materiál je propíchnut jehlou, která nese nit. Na rubní straně se z nitě vytvoří klička, kterou zachytí hrot chapače. Kličkou je provlečena celá zásoba nitě spodní. Při tomto způsobu šití zůstávají oba konce jehelní nitě stále na jedné straně materiálu.

stehy řetízkové - materiál je propíchnut jehlou, která nese nit. Na rubní straně se z nitě vytvoří klička, kterou zachytí smyčkovač. Klička horní nitě je provázána kličkou stejné nebo jiné nitě.

Výhodu konvenčních způsobů spojování textilních materiálů šitím je nutno hledat v rozebíratelnosti základních prvků - stehů, švů, šití. [3]

Stehy jsou podrobně rozděleny a popsány v normě ISO 4915. Tato norma podrobně popisuje a označuje číslem 6 tříd stehů. V každé této třídě jsou zaznamenány i jednotlivé varianty stehů. Norma popisuje tyto třídy stehů:

- 100 - jednonitné řetízkové stehy
- 200 - ruční stehy
- 300 - dvou a vícenitné vázané stehy
- 400 - dvou a vícenitné řetízkové stehy
- 500 - obnitkovací stehy
- 600 - krycí stehy

Jednotlivé třídy stehů jsou uvedeny pouze pro úplný přehled, avšak nebudou zde podrobně popsány. Pro tuto diplomovou práci nejsou tyto detaily podstatné. Podrobnosti je možné nastudovat ve zmíněné normě.

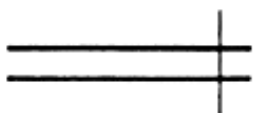
Vytvořením řady stehů na dvou nebo více vrstvách textilního materiálu vznikne šev. Švy můžeme rozdělit podle normy ISO 4916 do 8 základních tříd. Jednotlivé třídy se od sebe liší uspořádáním vrstev spojovaného materiálu a umístěním řady stehů vzhledem k okraji materiálu. Za šev se považuje spoj textilního materiálu realizovaný i jinak než šitím. Tedy i spoje vzniklé lepením nebo svařováním. Tuto definici zmiňuje odborná literatura [4].

Budou zde tedy alespoň stručně popsány jednotlivé třídy švů. Jejich názvosloví pak bude použito v praktické části diplomové práce k popisu uspořádání vrstev spojovaného materiálu.

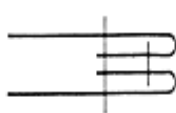
Norma ISO 4916 označuje každý šev pětímístným číslem (x. xx. xx). První číslo značí třídu švu, následuje dvojice čísel označující způsob polohy materiálu na sebe a druhá dvojice čísel udává způsob šití.

Třída 1 - Hřbetové švy

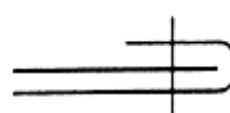
Dvě nebo více vrstev spojovaného materiálu se položí na sebe a spojí se jednou nebo několika řadami stehů, které se mohou vést buď v kraji stykových ploch šitého materiálu, nebo v libovolném místě. [6]



a) 1. 01. 01 jednoduchý
hřbetový šev



b) 1. 06. 02 dvojitý
hřbetový šev

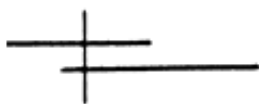


c) 1. 03. 01 jednoduchý
nadehnutý hřbetový šev

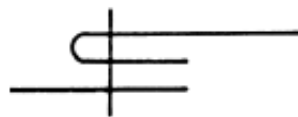
Obr. 1: Hřbetové švy, některé možnosti [6]

Třída 2 - Překládané švy

Dvě nebo více vrstev se položí přes sebe (překryjí se okraje) a spojí se jednou nebo několika řadami stehů, které jsou vedeny v místě překrytí šitých materiálů. [6]



a) 2. 01. 01 jednoduchý přeplátovaný šev

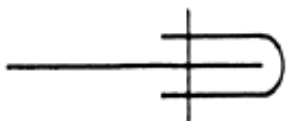


b) 2. 02. 01 zahnutý přeplátovaný šev

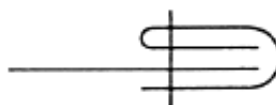
Obr. 2: Přeplátované švy, některé možnosti [6]

Třída 3 - Lemovací švy

Okraj jedné nebo několika vrstev šitého materiálu se olemuje proužkem stejného nebo jiného materiálu a spojí se jednou nebo několika řadami stehů. [6]



a) 3. 01. 01 lemovací šev

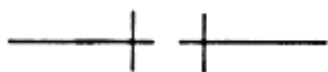


b) 3. 03. 01 lemovací šev zahnutý

Obr. 3: Některé lemovací švy [6]

Třída 4 - Dotykové švy

Do této třídy švů jsou zahrnuta taková spojení šitých materiálů, kdy materiály leží vedle sebe a jejich sousední okraje se spojí řadami plošných stehů. Způsob prošití a stehy začíštějí okraje materiálů. Každý další materiál kopíruje dané určení stran. [6]



a) 4. 01. 01 dotykový šev



b) 4. 03. 01 dotykový šev zahnutý

Obr. 4: Některé dotykové švy [6]

Třída 5 - Ozdobné šití

Řádky nebo skupiny stehů vytvořené na jedné vrstvě šitého materiálu ručně nebo strojově. Hlavním znakem této třídy je, že řádky stehů nebo jejich skupiny jsou umístěny na šitém materiálu (obvykle v jedné vrstvě, pokud není třeba vyztužení nebo speciálních efektů) tak, že slouží k ozdobným účelům. [6 [6]



a) 5. 01. 01 ozdobné šití



b) 5. 02. 01 ozdobné šití

Obr. 5: Některé možnosti ozdobného šití [6]

Třída 6 - Obrubovací švy

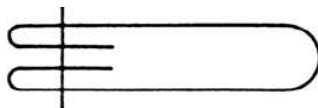
Slouží k začistění okraje šitého materiálu. [6]

Třída 7 - Začišťovací švy

Řádka nebo řádky stehů vytvořené u okraje nebo přes okraj dvou a více vrstev šitého materiálu. Přitom okraj může být zahnutý nebo podehnutý, popř. okraj šitého materiálu je zahnut a spojen další řadou stehů s jiným materiálem. [6]

Třída 8 - Začišťovací švy (Šití z proužků)

V této třídě jsou švy tvořeny jednou nebo více vrstvami materiálu tak, že obě strany spojované textilie jsou omezeny uložáním tak, aby začistily své okraje navzájem. [6]



Obr. 6: Začišťovací šev 8. 06. 01 [6]

2.2 Nekonvenční způsoby spojování textilních materiálů

Nekonvenční způsoby spojování textilií jsou ty, které nevyužívají ke spojení textilních materiálů šití, ale jinou, alternativní metodu. Základními způsoby nekonvenčního spojování jsou:

- lepení
- nýtování
- svařování

2.2.1 Lepení

Pod pojmem lepení rozumíme proces spojování listů stejných nebo různých druhů oděvních materiálů pomocí lepidel nanášených na spojované materiály za případného přitlaku. Je nutné si uvědomit, že spojovací prostředek, lepidlo, podléhá stárnutí, které se projevuje tvrdnutím nánosů.

Lepení používáme na:

- začištění okrajů oděvních součástí jednotlivě i ve vrstvě
- lepení plošné
- lepení bodové
- lepení kontinuální

Největší význam se přikládá strojům na kontinuální lepení, kterých se používá při výrobě pláštů do deště. [1]

Lepení je možné provádět u materiálů libovolného složení za studena nebo za tepla při působení přitlačného tlaku. Lepením se vytvářejí spoje nerozebíratelné. Lepení je spojování pomocí spojovacího prostředku (lepidla). [6]

2.2.2 Nýtování

Nýtování bylo poprvé použito pro zpevnění kapes u džínových kalhot, které byly původně vyráběny jako pracovní oděv. V současné době slouží nýtování spíše k ozdobným účelům.

Nýtový spoj je nerozebíratelný, a to je na oděvních výrobcích značnou nevýhodou. Tyto spoje se vytvářejí bodově. K nýtování se používají tlakové lisy a stroje vyvíjející nepatrný tlak, který dokáže spojovací element do oděvního výrobku pouze zalisovat, ale nerozmáčkne ho. [6]

2.2.3 Svařování

Svařování představuje spojování dvou a více vrstev termoplastických materiálů, výjimečně spojování příbuzných materiálů, působením tepla a tlaku.

Podle způsobu vzniku tepla rozdělujeme svařování na:

exotermické, při němž teplo přivádíme do svařovaného spoje z vnějšku nebo z vnitřku. Používá se ke spojování obalů, pro oděvní účely je méně vhodné, protože vzniká tzv. tvrdý spoj

endotermické, při kterém se teplo vytváří ve styčných plochách svařovaného spoje.

[1]

Při sváření vzniká svařený spoj, někdy označovaný též jako šev. Svar má stejné složení jako spojovaný materiál, tvoří s ním jednolitý celek a je nerozebíratelný. Aby bylo možné textilní materiál svařit, musí obsahovat alespoň 60% termoplastických vláken. [6]

Exotermické svařování

Je nejstarší, nejjednodušší a velmi levný způsob svařování termoplastických materiálů. Podle způsobu vedení tepla se toto svařování také někdy označuje jako termokonduktivní.

Principem termokonduktivního svařování je přívod potřebného tepla do spoje přímým stykem svařovaného materiálu se zdrojem tepla. Přívod tepla se tedy uskutečňuje vedením tepla - kondukcí.

Svařované oděvní součásti se ohřejí zdrojem tepla na požadovanou teplotu. Přivedené teplo termoplastický materiál svařovaných součástí nataví a spoje se dosáhne přitlakem. Po vychladnutí spoje vznikne pevné spojení součástí při zachování původních fyzikálních vlastností.

Při exotermickém svařování je velmi důležité množství tepla přiváděného do svařovaného místa. Je-li přivedeno malé množství tepla, spoj je nekvalitní a má malou pevnost. Při překročení správného množství tepla se svařované materiály poškodí a pevnost svaru je rovněž malá. Při kontinuálním sváření se doba sváření reguluje rychlostí posuvu svařovaných materiálů.

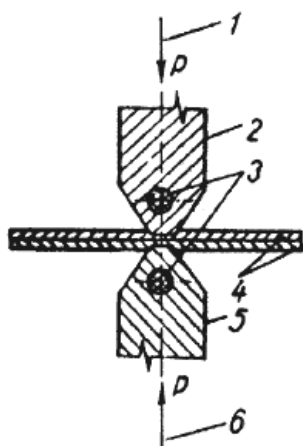
Termokonduktivní svařováním se v jistých podmínkách dosahuje poměrně kvalitních svarů, zejména při homogenních materiálech, jako jsou fólie z termoplastických hmot. Svary jsou lesklé a mají typickou sklovitou stopu po svářecím nástroji.

Termokonduktivní svařování se používá zejména v obalové technice (obaly různých tvarů). Jako materiál se používá polypropylen, polyetylen, polyvinylchlorid apod. a dosahuje se pevnosti spoje základního materiálu. Při svařování textilních materiálů, jde-li o směsové suroviny, je pevnost spoje nevyhovující. U 100% syntetických materiálů je pevnost vyhovující, pouze vzhled svaru nese stopy po svařovacích elementech. Tento nedostatek je neodstranitelný. [3]

Exotermické svařování můžeme podle způsobu přívodu tepla dále rozdělit na:

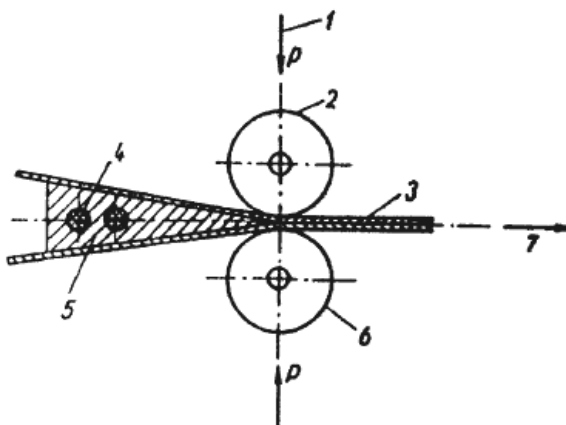
- Ohřev z vnější strany (vyhříványými elementy) - svařované materiály se vkládají mezi čelisti, popř. tvarované elementy, které jsou zdrojem tepla. Po nahřání jsou svařované materiály k sobě přitlačovány příslušnými prvky.
- Ohřev z vnitřní strany (vyhříványými klíny)

[6]



Ohřev z vnější strany:

- 1 – přítláčná síla
- 2 – horní čelist
- 3 – vyhřívací tělesa
- 4 - svařované materiály
- 5 – dolní čelist
- 6 – přítláčná síla



Ohřev z vnitřní strany:

- 1 – přítláčná síla
- 2 – horní kladka
- 3 – svařované materiály
- 4 - vyhřívací tělesa
- 5 – vyhřívací klín
- 6 – dolní kladka
- 7 – směr posuvu

Obr. 7: Znázornění přívodu tepla ke spojovanému materiálu [3]

Endotermické svařování

Hlavní rozdíl mezi exotermickým a endotermickým svařováním spočívá ve způsobu zahřátí spojovaných ploch. Zatím co u exotermického způsobu sváření zahřejeme místo budoucího spoje horkým nástrojem, při endotermickém způsobu sváření vzniká teplo až přímo ve svařovaném materiálu. Nástroje pro endotermické sváření jsou „studené“. Teplo vznikne rozkmitáním molekul svařovaného materiálu (vlivem třecích sil) působením nějaké střídavé energie.

Endotermické svařování může být:

- vysokofrekvenční
- ultrazvukové

Vysokofrekvenční svařování

Tímto způsobem je možné svařovat materiály, které mají alespoň 60% podíl termoplastických vláken. Další podmínkou je, aby byl materiál polární.

Každý atom je složen z kladně nabitého jádra tvořeného protony a neutrony, a záporně nabitého obalu tvořeného elektrony. Pokud je materiál v elektrické

rovnováze, je počet protonů a elektronů stejný. Molekuly polárních materiálů však nemají kladné a záporné částice rozloženy rovnoměrně, tzn., že v určité části molekuly převládají spíše protony a na straně druhé elektrony. Jedná se o tzv. elektrické dipóly.

Vložíme-li elektricky neutrální polární materiál do elektrického pole, např. mezi elektrody napojené na vysokofrekvenční generátor, dojde po zapojení k porušení rovnováhy. Negativně nabitě částice se posunou k pozitivnímu okraji pole, kladně nabitě částice naopak k negativnímu okraji, protože nestejně náboje se přitahují.

Přesunem nebo pohybem částic dochází ke tření, při kterém vzniká teplo. Střídáme-li polaritu elektrického pole velmi rychle, čímž dosáhneme velmi rychlého pohybu molekul, je teplo vznikající vnitřním třením molekul tak velké, že dojde k natavení materiálů. Působením tlaku pak lze materiál spojit.

Termoplastické materiály s dielektrickými vlastnostmi používané k výrobě textilních materiálů jsou např. polyamid, polyakrylonitril, polyester, polyvinylchlorid a acetáty celulózy.

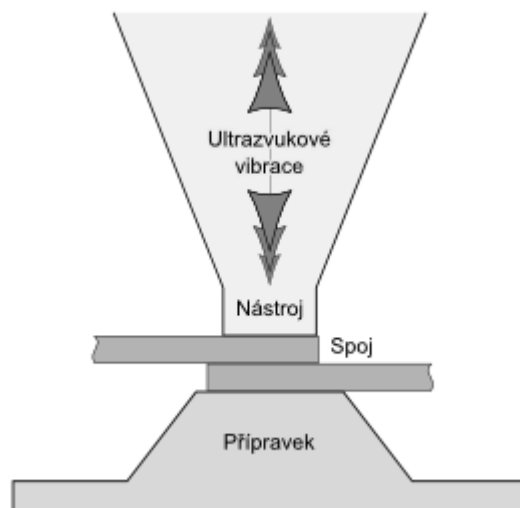
[3];[6]

Ultrazvukové svařování

Problematika ultrazvukového svařování bude podrobně popsána v následujících kapitolách.

3 Ultrazvukové spojování textilních materiálů

Ultrazvukové svařování je způsob spojování dvou materiálů využitím ultrazvukové energie ve svařovaném místě. Svařované materiály se v místě sváru sevrou mezi zdroj ultrazvukových vibrací a pevnou oporu určitou přitlačnou silou; ultrazvukové vibrace působí po určitou dobu. [3]



Obr. 8: Schéma uspořádání při ultrazvukovém pojení plastů [19]

Ultrazvukové pojení se řadí do skupiny svařování, což je pojení textilního materiálu využitím tepla. Z toho plyne, že tímto způsobem můžeme spojovat pouze termoplastické textilní materiály, nebo materiály, v nichž je podíl termoplastických vláken větší než 60%.

Jedná se o pojení endotermické. To znamená, že k textilnímu materiálu teplo nepřivádíme, ale vzniká v důsledku působení ultrazvukového záření.

3.1 Ultrazvuková energie

V současné době pojem ultrazvukové technologie zahrnuje velmi široké spektrum technologií využívaných v průmyslové ale i laboratorní praxi. S některými se můžeme potkat častěji, ale s jinými se setkáváme jen zřídka, i když je jejich uplatnění dost zajímavé.

Ultrazvuk spadá do oblasti akustiky a přináleží mu celý frekvenční rozsah kmitů nad slyšitelnost lidského ucha. V prostředí se ultrazvuk šíří vlněním, projevujícím se akustickým tlakem a akustickou rychlostí. Je to zvuk neslyšitelný lidským uchem, ve frekvenčním pásmu 16 kHz až 100MHz.

Účinky ultrazvukové energie při jejím šíření v sledovaném prostředí závisí na intenzitě, resp. amplitudě výchylky a frekvenci kmitů, a na vlastnosti tohoto prostředí. Na základě jejích konkrétních hodnot, kterými se vyjadřuje velikost intenzity ultrazvuku, dělíme ultrazvukovou energii na pasivní a aktivní, nebo na ultrazvuk malých a velkých amplitud.

Pasivní ultrazvuk zahrnuje všechny oblasti použití, kde ultrazvukové kmitání nebo vlnění dosahuje takovou intenzitu, která nevyvolává nějaké fyzikální nebo chemické změny v prostředí. Využívají se tady fyzikální zákonitosti spojené s šířením ultrazvuku v plynném, kapalném a tuhém prostředí. Na těchto principech pracuje celá měřicí a kontrolní ultrazvuková technika.

Využití pasivní ultrazvukové energie bylo aplikováno při zkoumání celistvosti rozličných materiálů, hledáním skrytých defektů a chyb hlavně u kovových výrobků. Toto odvětví ultrazvukové techniky má vlastní pojmenování – ultrazvuková defektoskopie, která umožňuje nedestruktivní cestou zkoumat chyby, jako i strukturu výrobků a materiálů. V neposlední řadě je nutné zmínit se o využití pasivního ultrazvuku ve zdravotnictví, kde se využívá k diagnostice vnitřních orgánů.

Pasivní ultrazvuk je zaměřený na kontrolu a sledování technologických výrobních a jiných procesů, které reprezentuje celá škála ultrazvukových měřících a kontrolních přístrojů, umožňujících nejenom sledování výrobních procesů, ale i vytvářejících podmínky pro jejich mechanizaci a automatizaci.

Aktivní ultrazvuk spadá do oblasti s vyššími intenzitami, přibližně nad $0,5 \cdot 10^4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, někdy též nazývaný „makrozvuk“. Je to zvuk ležící těsně nad slyšitelností lidského ucha o frekvenci 20 až 100 kHz a amplitudě 0,5 až 5 μm . Ovlivňuje vlastnosti resp. strukturu prostředí, které je podrobené jeho vlivu. Proto je přitažlivý pro ty oblasti technologie, kde se vyžaduje jednotlivé procesy urychlit, nebo zvýšit kvalitu prováděných operací, případně řešit takové problémy, které se dosud nepovedlo vyřešit aplikací jiných druhů energie.

Ultrazvuková energie působící na dané prostředí prostřednictvím ultrazvukových kmitů, které se v něm šíří, může vyvolat značné fyzikální, chemické nebo jiné změny sledovaného prostředí. Všeobecně jsou tyto efekty, způsobené ultrazvukovými vlnami bohatými na energii, velmi zajímavé a často překvapující. Vyvolávají intenzivní střídavé tlaky ultrazvukového záření, které společně způsobují rozličné namáhání, napětí, zrychlení a jiné efekty. Jejich sekundární účinky se projevují v ozařovaném prostředí ve formě kavitace, tepelnými účinky, deformací, mechanickými a elektrochemickými účinky apod.

[5]

3.2 Využití ultrazvukové energie

Tak jako již bylo zmíněno využití ultrazvuku v textilním průmyslu, je jeho využití zaměřeno taky v strojírenském průmyslu na čištění, obrábění a sváření materiálů, ale také na kontrolu a zjišťování vnitřních vad materiálů, tzv. defektoskopie. A v neposlední řadě se ultrazvuk využívá v medicíně na určení diagnózy a také na sledování plodu v těle matky.

Ultrazvukové čištění – je zřejmě nejrozšířenější aplikací ultrazvukových technologií. V oblasti čištění tvarově složitých součástek je tato technologie téměř bezkonkurenční. Používá se na čištění součástek jemné mechaniky (např. hodinek), až po rozměrné celky leteckých motorů. Ultrazvukové čisticí vany se dělí do dvou hlavních skupin - vyrábějí se jako kompletní čističky nebo ultrazvukové čisticí linky.

Ultrazvukové řezání – se využívá v různých odvětvích průmyslu a také v potravinářství. Řezy ultrazvukovými noži jsou hladké a přesné. Ultrazvukové vibrace umožňují řezat i materiály, které se běžnými metodami řezat nedají (např. v gumárenském průmyslu se používají na řezání nevulkanizované gumy).

Ultrazvukové broušení – je progresivní metoda obrábění těžce obrobitelných materiálů. Zvyšování technické způsobilosti výrobních strojů je trvalý proces, kterému je potřebné věnovat značnou pozornost a úsilí. Aktuálním problémem je obrábění materiálů s vysokou pevností, odolností vůči otěru a korozi. Jednou z metod

ovlivňujících proces obrábění těchto materiálů je aplikace výkonového ultrazvuku v procesu broušení.

Ultrazvuk v medicíně – principem ultrazvukové vyšetřovací metody je zobrazení orgánů a tkaniv lidského těla pomocí zvukových vln s vysokou frekvencí. Na rozdíl od rentgenového záření se ultrazvuk v medicíně prosazoval o mnoho pomaleji. Základem využití ultrazvuku se stalo objevení piezoelektrického jevu P. Curiem roku 1898, což později využil P. Langevin při výrobě prvních ultrasonografických sond (USG). V medicíně se využívá frekvence od 1 do 12MHz.

[5]

3.3 Princip ultrazvukového svařování termoplastů

Pro ultrazvukové svařování jsou nejvhodnější částečně krystalické (PP, PET, PE, PA) a amorfní (PC, PS, ABS a butadienové styreny) plastové materiály, někdy i jejich kombinace. Spojované díly jsou založeny do přípravku tak, aby se navzájem svařovanými plochami dotýkaly. Generátor svářečky vytvoří elektrické kmity ultrazvukových frekvencí, které jsou transformovány na kmity mechanické a přes nástroj jsou přivedeny na místo budoucího spoje. Přenos ultrazvukových kmitů do místa spojení zajišťuje přitlačná síla. Kmitání rozpohybuje molekuly spojovaného materiálu a jejich vzájemným třením vzniká teplo, které spoj lokálně ohřívá. Spojované díly pak v místě styku plastifikují. Tato reakce se sama od sebe začne urychlovat, protože vlivem přírůstku tlumících faktorů plastifikovaného materiálu se stále větší podíl vibrační energie přeměňuje na teplo. Plastifikované díly jsou pak do sebe působením přitlačné síly natlačeny tak, že jejich molekuly do sebe navzájem zatečou.

Po ukončení přívodu ultrazvuku je nutná krátká ochlazovací fáze při ještě existujícím spojovacím tlaku, aby se předtím plastifikovaný materiál mohl zpevnit. Potom je možno za pomoci ultrazvukové energie spojené díly, resp. materiálové části dále zpracovávat. Kvalita a pevnost spoje jsou závislé na době působení ultrazvukových vibrací, amplitudě kmitání, přitlačné síle a pracovní frekvenci.

Působení kmitů i přitlačné síly se děje kolmo na spojované plochy. Směr působení kmitů je největším rozdílem svařování plastů oproti svařování kovů, kde ultrazvuková energie působí na spoj ve směru spojovaných ploch a ve směru kolmém působí pouze přitlačná síla.

[10];[18];[19]

3.3.1 Parametry ovlivňující kvalitu spoje

V souladu s obecnými principy využití ultrazvuku v oblasti vysokých výkonů se pro svařování nejčastěji používá frekvence 20 kHz, méně pak frekvence 10 kHz (zařízení jsou hlučná, neboť pracují ve slyšitelném frekvenčním spektru) a 35 kHz (pro malé spoje a menší série), výjimečně i jiné.

Doba působení ultrazvukových vln je závislá na požadovaném tepelném efektu potřebném k roztavení svařovaných materiálů, tedy na energii přiváděné do svařovaného místa.

Pohyb a tření molekul, kterým vzniká teplo potřebné k roztavení materiálu, vyvolává amplituda kmitání a odpovídá polovičnímu rozkmitu svářecího nástroje. Velikost amplitudy se dá zvyšovat až na hranici pevnosti materiálu nástroje a je dána výkonem ultrazvukového zdroje a transformací přenosových článků. Při požadované ploše svaru se dá amplituda zvyšovat pouze zvyšováním ultrazvukových vibrací. Velikost amplitudy se pohybuje v rozmezí 10-30 μm .

Přítlačná síla zajišťuje přenos ultrazvukových vln do místa spojení, kde absorpcí ultrazvukové energie nastává zahřátí materiálu a má přímý vliv na kvalitu spoje. Velikost přítlačné síly závisí na vlastnostech svařovaných materiálů a na ploše svaru. Příliš velké přítlačné síly utlumují kmitací soustavu nebo mají za následek poškození svařovaných materiálů. Pro vytvoření kvalitních svarů je nutné všechny tyto parametry nastavit do vzájemně optimálních hodnot.

[3];[10]

3.4 Aplikace ultrazvukového pojení v textilním průmyslu

Veškeré nekonvenční způsoby spojování materiálů jsou určeny k tomu, aby při výrobě doplňovali nebo částečně nahrazovali klasické spoje v místech, kde jsou tyto spoje nežádoucí, nebo je použití nekonvenčního spoje vhodnější. Ultrazvukové pojení je moderní a ekonomická metoda, která je vhodná pro pojení oděvních i technických textilií s vysokým podílem termoplastických vláken. Používá se především tehdy, chceme-li docílit vodonepropustných švů.

V současné době je využíváno několik technologií spojování oděvních dílů ultrazvukem. Spoj může být zhotoven v jednom nebo ve dvou krocích. Při technologii, kterou se oděvní součásti pojí ve dvou krocích se nejprve díly působením ultrazvuku spojí „na tupo“ na speciálním stroji a po té se ještě spoj podlepejí pevnostní páskou. Takto se docílí velmi pevných spojů, které je možné použít například při výrobě batohů, stanů nebo sportovních bund. Některé stroje pro ultrazvukové svařování textilií

umožňují souběžně s pojením provádět i ořez švové záložky. Pojené díly mohou být uspořádány dvěma způsoby. A to jako při šití švu hřbetového nebo přeplátovaného.

[15];[16]

Přednosti ultrazvukového spojování:

- není třeba další materiál (nitě)
- možnost různého vzhledu poje (různá struktura kovádky)
- nepromokavý spoj
- endotermický způsob přívodu tepla (odpadá horký klín)
- způsob obsluhy jako u šicího stroje

Nevýhody ultrazvukového spojování:

- není vhodné pro všechny druhy materiálů
- vysoké pořizovací náklady
- nerozebíratelný spoj

[7]

3.4.1 Použití ultrazvukového pojení v praxi

Ultrazvukové pojení se používá při zpracování oděvů, ale i technických konfekcí a technických textilií. Ultrazvukem můžeme pojít plasty v jakékoli podobě - tkaniny, pleteniny, fólie i netkané textilie. V současné době se běžně ultrazvukové spojování používá při výrobě následujících výrobků:

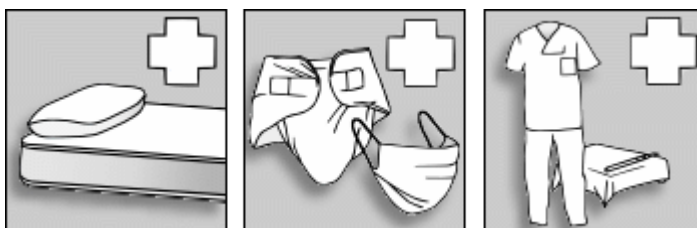
OBLAST TECHNICKÝCH TEXTILIÍ

- VÝROBA FILTRŮ pro různé aplikace - kapsové a skládané filtry, filtry do vysavačů apod.



Obr. 9: Různé typy filtrů vyrobené pomocí ultrazvukového spojování [17]

- VÝROBA ZDRAVOTNICKÝCH A HYGIENICKÝCH POMŮCEK jako jsou zdravotnické matrace a polštáře, sanitární potřeby - inkontinentní pleny, roušky atd., oděvy pro zdravotnický personál (jednorázové) a textilní vybavení operačních sálů.



Obr. 10: Oblasti aplikace ultrazvukového spojování v oblasti zdravotnických a hygienických potřeb [15]

- VÝROBA NEPRŮSTŘELNÝCH VEST
- VÝROBA ROLET A MARKÝZ, STANOVÝCH PŘÍSTŘEŠKŮ
- VÝROBA IZOLACÍ
- VÝROBA ZÁVĚSŮ DO SPRCHOVÝCH KOUTŮ

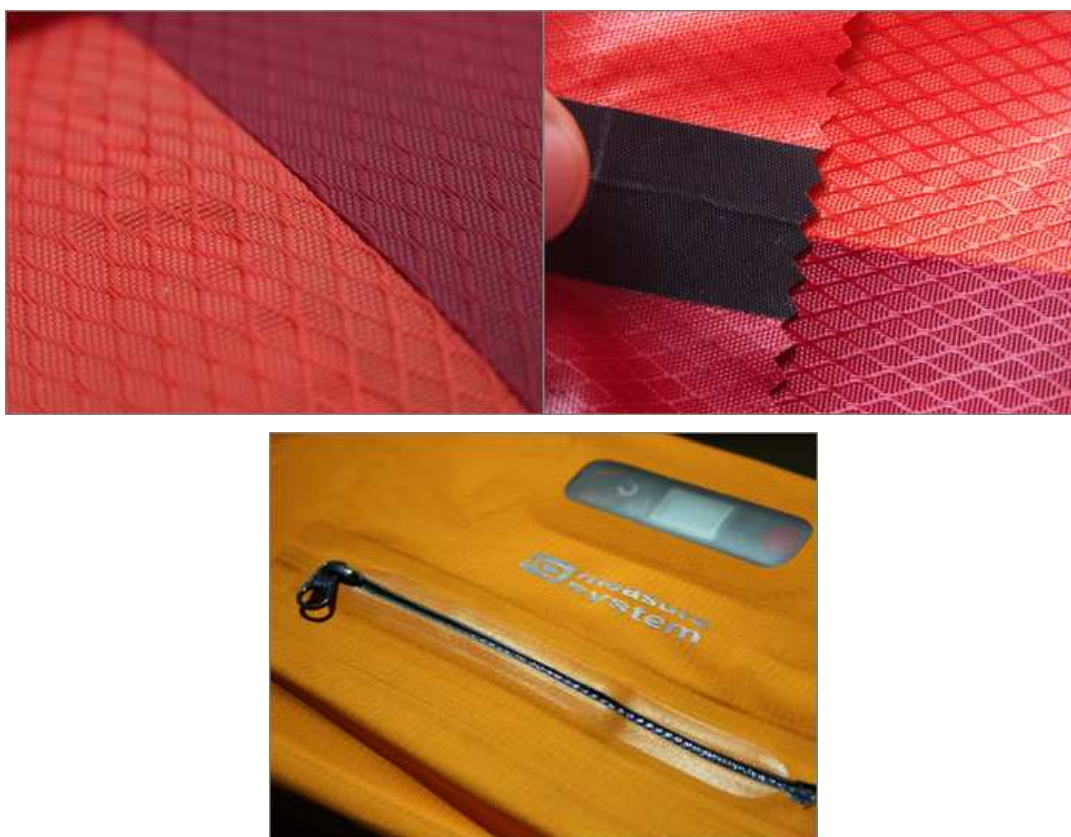
- SPOJOVÁNÍ VPICHOVANÝCH NETKANÝCH TEXTILÍ A FÓLIÍ
- VÝROBA TĚL VZDUCHOLODÍ A DALŠÍ

[15];[16]

OBLAST VÝROBY ODĚVŮ

- VYBAVENÍ PRO OUTDOOR A SPORT - všívání nepromokavých zipů do sportovních oděvů, batohů, spacích pytlů stanů, záchranných vest a nosítek pro horskou službu, našívání velcro pásků, hotovení nepromokavých švů, svařování plaveckých ploutví, hotovení lemů, výroba lyžařského vázání,
- VÝROBA BEZEŠVÉHO SPODNÍHO PRÁDLA
- VÝROBA CHIRURGICKÉHO OBLEČENÍ
- VÝROBA PLAVEK A DALŠÍ

[15];[16]

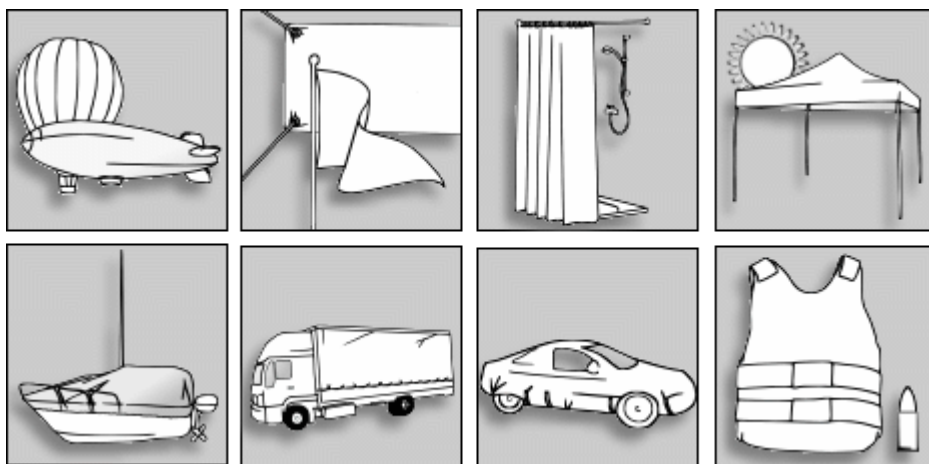


Obr. 11: Spoje zhotovené ultrazvukovým svařováním na sportovních oděvech [16]

OBLAST AUTOMOBILOVÉHO PRŮMYSLU

- VÝROBA OCHRANNÝCH PLACHET NA AUTA
- ROLETY A STÍNIDLA DO AUTOMOBILŮ
- PLACHTY NA NÁVĚSY NÁKLADNÍCH AUT

[15];[16]



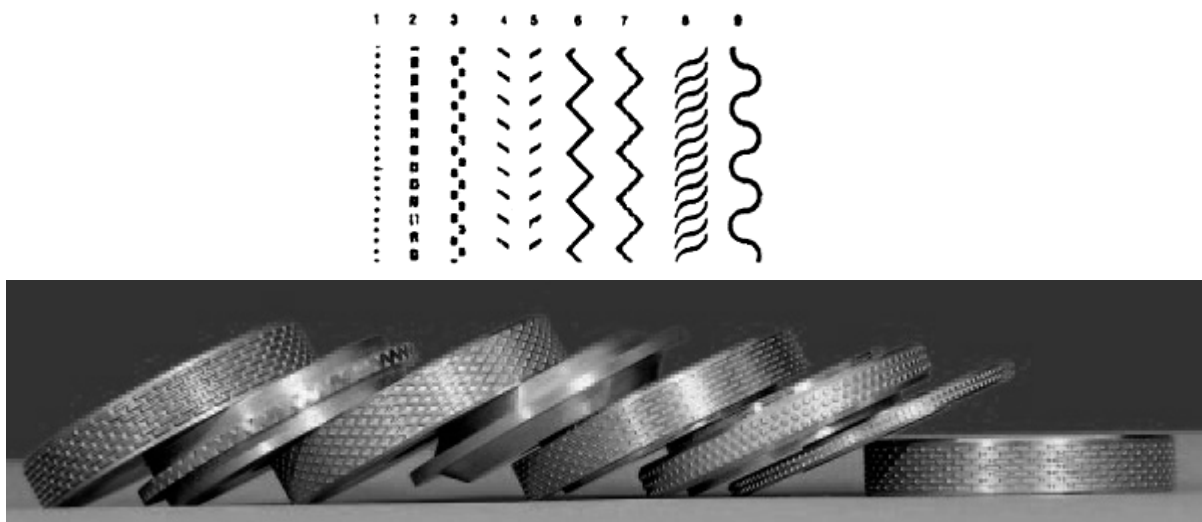
Obr. 12: Různé oblasti využití ultrazvukového spojování v oblasti technických textilií a automobilového průmyslu [15]

3.5 Ultrazvukové svařovací stroje

Stroje vhodné pro spojování textilních materiálů můžeme rozdělit do dvou skupin podle jejich konstrukce. Jsou to stroje tvarově podobné šicím strojům a stroje se speciální konstrukcí, které mohou být ve stolním nebo stojanovém provedení.

Ke vzniku ultrazvuku slouží řada zdrojů, z nichž nejznámější jsou mechanické systémy, systémy techniky proudění, termodynamické měniče chvění, elektronické měniče chvění. Pro praktické užití přicházejí v úvahu systémy, u nichž je chvění vybuzeveno elektronicky pomocí magnetostrikčních, piezoelektrických a elektrostrikčních měničů.[3]

Samotný svařovací nástroj může mít různě tvarovaný profil (viz obrázek).



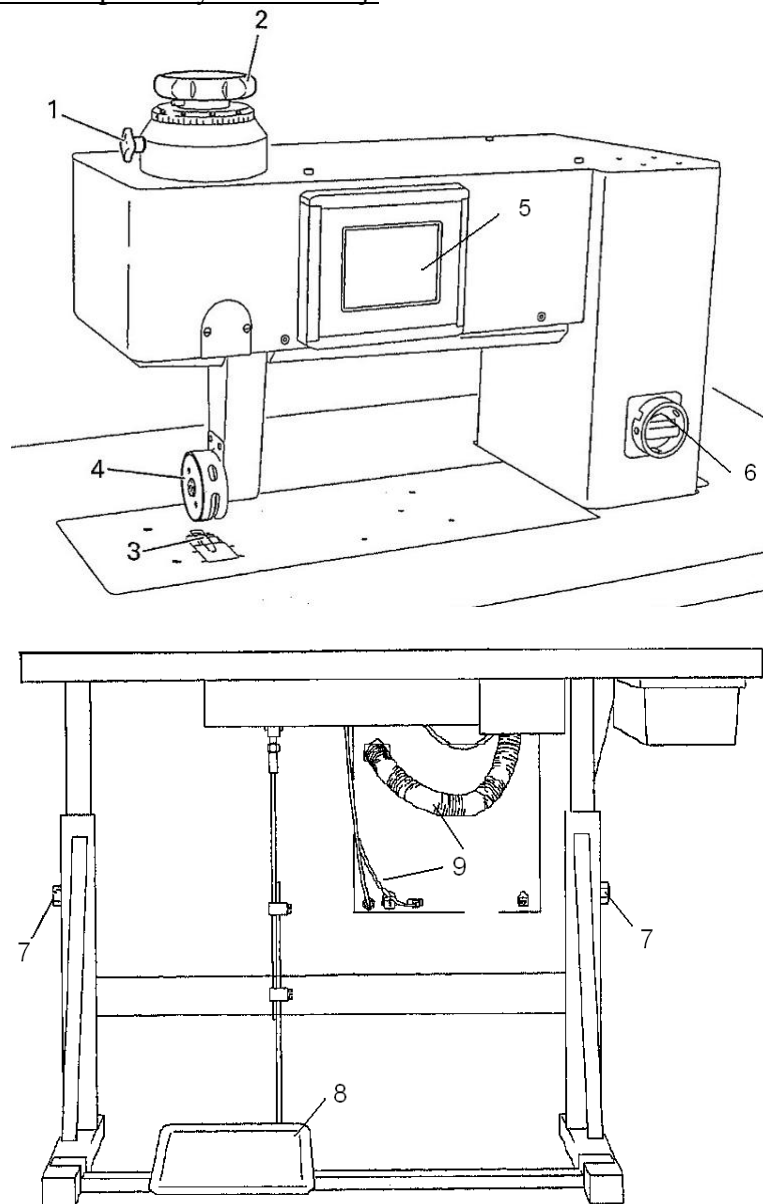
Obr. 13: Tvarování nástrojů pro ultrazvukové svařování [3];[15]

Někteří výrobci nabízející stroje pro ultrazvukové svařování textilií a plastů:

- Pfaff
- Telsonic
- Sirius Electric
- Dukane
- Branson
- Stapla Ultrasonics
- Robex

Pro názornost jsou níže uvedeny a stručně popsány dva základní typy strojů pro ultrazvukové svařování:

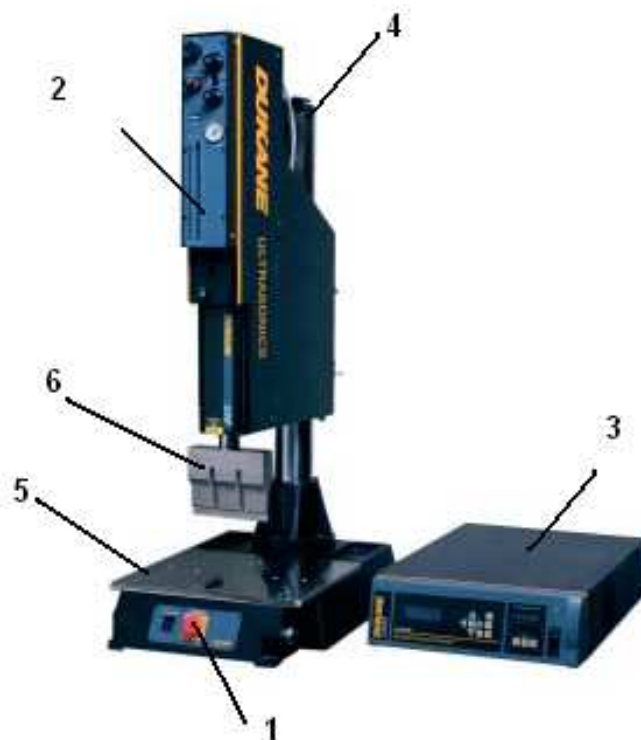
a) stroj tvarově podobný šicímu stroji



1;2-nastavení velikosti mezery mezi přítlačnými kolečky; 3-spodní přítlačné a podávací kolečko; 4-horní přítlačné a podávací kolečko; 5-dotykový ovládací panel; 6-hlavní vypínač stroje; 7-šrouby pro výškové nastavení podstavce; 8-pedál; 9-přívod elektřiny a vzduchu

Obr. 14: Schéma svařovacího stroje Pfaff 8310 [11]

b) stroj speciální konstrukce



1-hlavní vypínač; 2-hlava stroje s ovládacími prvky; 3-piezoelektrický měnič;
4-sloupek držící hlavu stroje; 5-základní deska; svařovací element

Obr. 15: Stroj Dukane model řady EZ [14]

4 Textilní materiály pro automobilový průmysl

Z analýzy trhu automobilů v západní Evropě, USA a Japonsku vyplývá, že při vývoji moderního automobilu není v popředí jen karosérie, ale velký důraz se klade i na komfortní vybavení interiéru, tj. podlahové krytiny, obložení dveří, stropu, zavazadlového prostoru a motoru, potahové látky na sedadla, pro ochranu to jsou zvukově-izolační materiály, panely tlumící vibrace a nárazy. Světové automobilky vybavují svoje nejnovější modely luxusními vpichovanými koberci a potahovými látkami s kratším vlasem. Designérsky se sladuje barevnost použitých materiálů. Do oblasti vybavení interiéru automobilů výrazně vstupuje trend aplikace materiálů přispívajících ke komfortu a bezpečnosti vozidla, jeho nehořlavosti, zamezení vzniku statické elektřiny, ke snížení hmotnosti, využití laminátů a kompozitních materiálů s vysokými technickými parametry.

Pro vybavení interiéru automobilů uvažujeme s uplatněním následujícího sortimentu textilních výrobků:

- tvarované koberce pro pokrytí podlahy zavazadlového prostoru
- textilie pro výrobu odkládací plochy před zadním sklem
- tvarované dílce pro obklady stropu, výplně dveří a bočních stěn automobilu a výrobu stínidel proti slunci
- materiály na výrobu sedaček (gumožíně, zapěňované sedací systémy, kombinace pěn a pružin, apod.)
- textilní materiály pro čalounění vnitřních ploch (autopotahy, opěrky hlavy a loketní opěrky)
- materiály na bezpečnostní pásy
- textilie pro výrobu airbagů
- zvukově a tepelně izolační materiály

[9]

4.1 Automobilová sedadla

Ve srovnání s dřívějškem tráví dnes člověk více času v autě. Sedadla jsou nedílnou součástí každého automobilu a zajišťují pohodlnou a bezpečnou obsluhu vozidla. Proto, aby mohla být vyrobena dobrá sedačka, je nutné dobře znát potřeby řidičů ohledně vnitřního prostoru jejich automobilů. Na základě těchto poznatků může být vyvinuta sedačka sestávající z optimální kombinace designu, pohodlí a účelnosti. Inovativní vnitřní prostory automobilů přispívají k pohodlnějšímu, bezpečnějšímu a příjemnějšímu zážitku z jízdy. [13]



Obr. 16: Náčrt správně řešeného sedacího systému osobního automobilu [13]

Optimálně navržené sedadlo musí umožnit komfortní sezení, dobrý výhled z vozidla, správnou ergonomii (pohodlný dosah na ovládací prvky, správné držení těla), snadné vystupování a nastupování, bezpečnou vzdálenost od pevných bodů.

Všeobecně jsou na autosedačky kladeny tyto požadavky:

- BEZPEČNOST - je dána především kovovou nebo kompozitní kostrou sedačky
- KOMFORT - obtížně se stanovuje, i když jsou vyvinuty objektivní metody hodnocení komfortu, výrazně se zde projevují subjektivní pocity uživatele. Objektivně se komfort sedaček určuje podle schopnosti sedačky účinně distribuovat tlak vyvozený tělem sedící osoby (aby nedocházelo k omezení krevního oběhu v dolních končetinách) a schopností tlumit vibrace způsobené jízdou automobilu přes nerovnosti (zvyšují únavu při řízení).

- MOŽNOST ZAKOMPONOVAT do sedadel DALŠÍ, nejen bezpečnostní PRVKY jako jsou např. airbagy, vyhřívání nebo cirkulace vzduchu
- DESIGN

Základní součásti autosedačky:

KOSTRA

Může být kovová, nebo kompozitní. Je nositelem všech ostatních součástí sedačky a má zásadní vliv na bezpečnost uvnitř automobilu. Udává základní tvar sedadla, zahrnuje všechny páky pro nastavení sedadla, držadla pásů, západky, páky pro nastavení výšky a řadu ručních a poháněných prvků pro snadnou úpravu. Je k dispozici plný rozsah výrobků od jednoduchých dvoupolohových sedadlových systémů až po plně poháněné 18 polohové systémy sezení. Na kostře bývá připevněn i systém klimatizace sedadla. [13]



Obr. 17: Kostra automobilového sedadla [13]

PĚNA

Je součástí sedadla, která zajišťuje komfort uživatele. Má za úkol tlumit nárazy a vibrace způsobené nerovnostmi vozovky, svými zvýšenými bočními částmi sedáku („ušič“) pak udržuje tělo na místě při průjezdu zatáčkou.

Sedáky bývají ve většině případů z polyuretanové pěny, u aut vyšší třídy mohou být i z gumožíně (rouno pojené akrylátovými nebo kaučukovými pojivy). Sedáky z polyuretanové pěny se vyrábějí vypěňováním do formy, po vyjmutí z formy se pak výsledný tvar jen mírně upraví. Gumožínové sedáky se vyrábějí v několika

krocích, kdy se k sobě spojují jednotlivé vrstvy rouna tak, aby bylo docíleno výsledného tvaru sedáku. Vrstvy se vysekávají nebo ručně řezou a po té se k sobě lepí v přesně daném pořadí na sebe. Některé vrstvy jsou předem tvarované ve formě.

Z pěny bývá vyroben sedák i opěradlo zad, ale také další, menší součásti sedadla jako jsou např. hlavové a loketní opěrky. Všechny tyto části jsou připevněné na kostře sedadla. Před rychlým opotřebením jsou pak chráněny potahem sedadla.

[13]



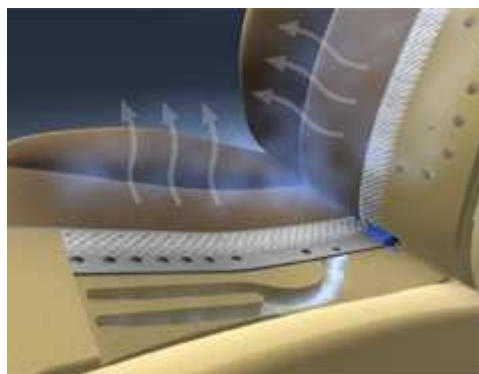
Obr. 18: Ukázka možného vzhledu pěnového sedáku automobilového sedadla [13]

KLIMATIZAČNÍ SYSTÉMY SEDADEL

Klimatizace se instaluje do sedadel aut vyšších tříd, například u sedaček s koženým potahem je nutností, ale může být nainstalována i do sedadel, která mají klasický, textilní potah. Pomáhají udržovat dobrou fyzickou a následně tedy i psychickou pohodu uživatele.

Je možné rozdělit do dvou základních skupin - pasivní a aktivní. Pasivní klimatizační systém zajišťuje kontrolu tepelného pohodlí a správné vlhkosti prostřednictvím pokrokové kombinace vnitřních materiálů sedadla. Při porovnání s konvenčními sedadly zajišťují tyto moderní materiály až o 80 % vyšší absorpci tepla a o 300 % vyšší absorpci vlhkosti.

Aktivním klimatizačním systémy pak regulují teplotu a proudění, zlepšují průtok vzduchu v sedačce pomocí ventilátorů. Ventilátory mohou být dva nebo jeden, v závislosti na typu dané klimatizace. Dále je nutné, aby byly v sedačce vyrobené vzduchové kanály, které umožní snadný průchod vzduchu. Podmínkou je i speciální materiál, který účinek aktivní klimatizace ještě podpoří - aktivní klimatizace se tedy používá v kombinaci s klimatizací pasivní. [13]



Obr. 19: Nákres systému klimatizovaného sedadla [13]

POTAHY AUTOMOBILOVÝCH SEDADEL

Potah je velmi důležitá součást sedadla. Jeho účelem je chránit pěnu sedadla před brzkým zničením. Mimo to má také zaručit nižší tření mezi materiálem sedáku a svrchního oděvu řidiče. Koeficient tření mezi samotnou polyuretanovou pěnou a oděvním materiálem by byl velmi vysoký. Došlo by tak velmi rychle ke zničení (prodření) oděvu uživatele i polyuretanové pěny. Navíc by tak vysoký koeficient tření mezi zmíněnými materiály způsoboval výrazný diskomfort uživatele.

Dále má potah sedadla výrazný vliv na tuhost sedačky. Díky tomu, že je na pěně předeprnutý, ovlivňuje tuhost sedačky až o 30%. Předpětím se pěna mírně stlačí a díky tomu se stane více odolnou proti prosednutí. Předpětí má i estetické opodstatnění. Eliminuje se tak vrásknění materiálu v oblastech ohybů a švů.

Použitý typ materiálu sedačky také ovlivňuje pohodlí uživatele. Je důležité, jak je materiál prodyšný a jestli dobře odvádí vlhkost od těla do vzdálenějších vrstev tak, aby se uživatel cítil v dobré pohodě. Tento problém lze částečně eliminovat i klimatizačním systémem sedadla.

Pohodlí uživatele může ovlivnit i konstrukční řešení potahu. Je nutné zajistit, aby v místě styku sedadla a lidského těla nebyly žádné švy, které by mohly po delším sezení tlačít. Vznikající nepohodlí způsobuje předčasnou únavu a snižuje pozornost řidiče, což má vliv na bezpečnost silničního provozu.

Velmi důležitou funkcí potahu je i funkce estetická. Potah je přesně ta část sedadla, na kterou se uživatel dívá. Sedadlo uživatelem není posuzováno jen podle toho, jak se mu v něm sedí, ale také jak se mu líbí. Důležité je tedy i designové provedení potahu. Záleží na volbě a kombinaci materiálů i detailním vypracování. Protože se jedná

o subjektivní záležitost, barvu a typ materiálu si může uživatel při koupi automobilu vybrat sám.

Detailní popis materiálů používaných na potahy automobilových sedadel je v následující kapitole.

Dalšími důležitými částmi sedadel jsou hlavové opěrky, které v případě správného nastavení zajišťují bezpečnost uživatele při nárazu zezadu. Mimo to je možné k sedadlu připojit loketní opěrku, která zvyšuje pohodlí řidiče, především při delších cestách. Velmi důležité jsou boční airbasy, které jsou dnes zabudované do většiny sedadel. Zajišťují bezpečnost posádky auta při nárazu z boku. Aby bylo možné tyto airbasy do sedadla instalovat, je nutné na potahu sedadla v dané oblasti zhotovit speciální šev, který je dostatečně pevný, aby vydržel námahu při každodenním používání, ale zároveň byl schopný se velmi rychle a snadno roztrhnout v případě aktivace airbagu. V případě, že je do sedačky umístěn boční airbag, musí být materiál i konstrukce sedačky zvoleny tak, aby při aktivaci airbagu pyrotechnickou patronou nedošlo k požáru interiéru automobilu.

4.2 Materiály pro automobilová sedadla

Požadavky na materiály používané na výrobu automobilových sedadel se v jednotlivých případech liší v závislosti na oblasti použití, pro kterou je automobil určený. Proto je nutné u denně používaných vozidel klást vyšší požadavky na trvanlivost plošné textilie, než u luxusních automobilů.

Všeobecně musí mít textilie takové vlastnosti, aby se uživatel auta cítil dobře i po delším sezení na svém místě.

Z hlediska fyziologického působení na člověka jsou důležité:

- pocity při sezení (prodyšnost, odvod vlhkosti)
- vzhled (stálobarevnost)
- trvanlivost (opotřebení textilií)

[8]

Pro výrobu potahů automobilových sedadel se mohou používat tyto textilní materiály:

- tkaniny - používají se nejčastěji díky své dobré tvarové stálosti. Nejčastěji jsou tkány keprovou či plátnovou vazbou, ale i žakárové vzory jsou velmi časté. Běžné jsou i tkaniny s velurovou úpravou.
- pleteniny - používají se málo, protože jsou hodně tažné, což není u potahu sedačky příliš žádoucí vlastnost. Pletenina zůstane po čase natažená a mohou se vytvářet záhyby, které působí neesteticky a zároveň mohou způsobovat fyziologický diskomfort. Někdy se pleteniny kombinují s tkaninami.
- syntetické kůže - jako levnější náhrada kůží přírodních
- přírodní usně - především hovězí, pro luxusní automobily. Jsou ceněny hlavně díky svým estetickým vlastnostem.

Na tyto základní, nosné textilie bývá vždy nakaširována polyuretanová pěna a z rubu pak jemná osnovní či zátažná pletenina. Tloušťka polyuretanové pěny může být různá a ovlivňuje celkovou tloušťku materiálu. Ten může být silný 2 až 10 mm. Účelem pleteniny v rubu je snížit tření mezi materiálem, ze kterého je vyrobena sedačka (zpravidla polyuretanová pěna) a potahem sedačky. Pletenina bývá nejčastěji z polyesteru.

Nosné textilie jsou většinou z polyesterových přízí, ale je možné setkat se i s vlněnými potahovými materiály, které jsou určeny pro automobily vyšších tříd.

Na usně, které jsou určené k výrobě potahu, se polyuretanová pěna s rubovou pleteninou nekaširuje, ale přišívá se k ní v rámci spojovacího procesu ve speciální operaci.

Materiály určené pro výrobu autopotahů mají často speciální úpravy, např. nešpinivá úprava, snížená hořlavost, zvýšená odolnost proti oděru, antistatická úprava aj.

5 Firma Johnson Controls

Firma Johnson Controls je společnost s více než 120ti letou tradicí vycházející z USA, jejíž pobočky jsou v současné době rozšířené po celém světě. Je rozdělena do třech základních divizí:

- Automotive experience - Systémy sezení, přístrojové desky a kokpity, dveřní systémy, integrované interiéry, nástropní systémy, automobilní elektronika a elektronické systémy pro řízení spotřeby energie.

- Power solutions - výroba všech typů startovacích baterií pro osobní automobily, užitková a zemědělská vozidla, motocykly, vodní a sněžné skútry, golfové vozíky, invalidní vozíky, sekačky a zahradní stroje, lodní dopravu a další. Mimo to je výrobcem baterií do hybridních automobilů. Firma JCI vyrábí baterie pod značkou Optima a Varta

- Building efficiency - původní oblast, kvůli které byla společnost Johnson Controls založena. Zabývá se výrobou a zajištěním tepelné regulace budov. Poskytují kompletní služby v této oblasti, což zahrnuje mechanické a řídicí systémy včetně služeb, které zajišťují jejich obsluhu a údržbu. Konkrétně tyto systémy slouží k vytápění (chlazení) budov, jejich ventilaci a klimatizaci, požární signalizaci a zabezpečení budov. To vše s ohledem na ochranu životního prostředí a snahou o minimalizaci emisí skleníkových plynů budovami a snižování jejich energetických nákladů.

[13]

5.1 Historie firmy Johnson Controls

V roce 1883 Warren S. Johnson, profesor na škole State Normal School ve Whitewater, Wisconsin, obdržel patent na první elektrický pokojový termostat. Jeho vynález odstartoval průmysl tepelné regulace budov a byl popudem k založení nové společnosti.

Johnson a skupina investorů z Milwaukee založila v roce 1885 Johnson Electric Service Company na výrobu, instalaci a servis automatických systémů tepelné regulace budov. V roce 1974 se společnost přejmenovala na Johnson Controls.

V letech 1885 – 1911 profesor Johnson bádá v mnoha dalších oblastech, například baterie pro ukládání elektřiny, automobily poháněné parou a plynem, velké pneumatické orloje a bezdrátová telegrafická komunikace. Po jeho smrti v roce 1911 se společnost rozhodla zaměřit výhradně na oblast regulace teploty v nebytových budovách.

Společnost Johnson Controls nadále vyvíjela nové kontrolní technologie, které pomáhaly zákazníkům lépe řídit stále větší a složitější budovy.

Společnost, která založila průmysl tepelné regulace budov, zůstala technologickým vůdcem oboru. Johnson Controls nyní poskytuje pracovníky IFM, kteří se v místě a na plný úvazek starají o více než 600 miliónů čtverečných stop interiérů budov na celém světě, včetně budov IBM ve 20 zemích a objektů vlády USA na Cape Canaveral.

V roce 1978 Johnson Controls uskutečnila akvizici Globe-Union, výrobce automobilových baterií pro trh náhradních i originálních baterií se sídlem ve Wisconsinu. Dnes je společnost Johnson Controls největším značkovým výrobcem olověných automobilových baterií v Severní Americe a tuto vedoucí pozici rozšiřuje i do Asie a Jižní Ameriky. Společnost také vyrábí baterie pro zálohové systémy zajišťující nouzové dodávky elektřiny a pro telekomunikační aplikace.

Johnson Controls vstoupila do průmyslu výroby automobilových sedadel a strojů na výrobu plastů v roce 1985 po akvizici společnosti Hoover Universal, Inc. se sídlem v Michiganu, která začala vyrábět díly k automobilovým sedadlům v polovině 60. let.

Dnes je společnost největším světovým výrobcem kompletních sedadel a má výrobní závody na pěti kontinentech. Jednotlivé závody vyrábějí v režimu Just-In-Time a jsou umístěny v blízkosti montážních závodů jejich zákazníků. Sedadla se smontují a naloží na nákladní vozy v pořadí, které odpovídá sestavě automobilů na montážní lince. K zákazníkovi se dostanou za pouhých 90 minut.

V průběhu posledního desetiletí společnost Johnson Controls vyvinula ucelené výzkumné, rozvojové, návrhářské, strojírenské a testovací kapacity. Tato široká odbornost poskytuje výrobcům automobilů a spotřebitelům sedadlové systémy se zlepšeným pohodlím, bezpečností a technologií.

V odpověď na požadavky svých zákazníků rozšířila společnost Johnson Controls svou přítomnost na poli osobních automobilů a lehkých nákladních vozů na počátku devadesátých let nabídkou komponentů pro interiéry, jako např. potahy stropu kabiny a čalounění dveří. Výrazně posílila svou pozici vedoucího světového výrobce v systémech interiérů akvizicí společnosti Prince Automotive v roce 1996.

Společnost Prince je známá svou inovací od prvního osvětleného zrcátka v roce 1972 až po integraci elektroniky do systémů interiérů. Johnson Controls v současné době zajišťuje všechny prvky kompletního interiéru, včetně stropních systémů, podlahových konzol, dveřních systémů, panelu nástrojů a systémů sedadel.

Jak v automobilovém průmyslu, tak v oboru tepelné regulace zůstává Johnson Controls věrna svému závazku překonávat zvyšující se očekávání svých zákazníků. Díky tomuto závazku je úspěšná již více než sto let a má vynikající vyhlídky do budoucna.

[13]

5.2 Závod Johnson Controls Česká Lípa

Závod Johnson Controls v České Lípě je zaměřený na výrobu potahů automobilových sedadel. Součástí závodu je i vývojové pracoviště, které se zabývá vývojem nových typů sedadel pro modely aut, které mají v blízké době přijít na trh.

Vyrábí se zde potahy pro různé typy aut různých kategorií. V závodu jsou tedy vyráběny klasické potahy z polyesterových tkanin, ale také potahy koženkové a kožené. Výroba kožených potahů je velmi specifická a vyžaduje speciální strojní zařízení i řádně vyškolený personál.

Výroba potahů zde probíhá od začátku do konce. Materiál prochází vstupní přejímkou a po té je dodán do oddělovacího procesu. Stříhání probíhá na automatizovaných cutterech. Pak jsou díly vybaveny, zkompletovány a dodány do spojovacího procesu. Následuje kompletace do setů, výstupní kontrola a expedice odběrateli.

Výroba je v závodu řízena podle metody Just in Time. Cílem tohoto přístupu k řízení výroby je minimalizovat skladové zásoby a to jak vstupního materiálu, tak i hotových výrobků. Při správné koordinaci výroby a perfektní spolupráci odběratele

s dodavatelem se stávají zásoby zbytečné. Je však nutné, aby dodavatel i odběratel dodržovali dohodnutý plán výroby a také dodávky materiálu a hotových výrobků byly co nejpřesnější. Tento způsob řízení výroby je vhodný především v případě, že dodavatel a odběratel sídlí blízko u sebe, čímž se minimalizují rizika zpoždění dodávek zapříčiněné nepříznivou dopravní situací.

Firma Johnson Controls staví z tohoto důvodu své závody v blízkosti svých odběratelů. Hlavním odběratelem závodu Johnson Controls Česká Lípa je Škoda Mladá Boleslav, která je od závodu v České Lípě vzdálena pouze 50 km.

Dalším se znaků řízení výroby metodou Just in Time je přísná kontrola kvality výrobků, která probíhá na všech úrovních výrobního procesu. Jedná se o autokontrolu, kdy pracovník kontroluje kvalitu své práce přímo na pracovišti, což je následně ověřeno pracovníkem, který rozpracovaný kus přebírá po něm. Běžné jsou i namátkové kontroly během výroby. Celková kvalita výrobku je pak na závěr hodnocena při výstupní kontrole. K vysoké kvalitě přispívá i dobrá výsledovatelnost toho, kdo na daném výrobku pracoval a plná zodpovědnost pracovníka za odvedenou práci.

Každý výrobek pak má na etiketě zakódované údaje o tom, kdy a na které směně byl vyroben a kdo provedl závěrečnou kontrolu kvality.

Moderní přístup k řízení výroby a kontrole kvality zajišťuje závodu Johnson Controls dobrou a stabilní pozici mezi konkurenty.

5.2.1 Spojovací proces v závodu Johnson Controls Česká Lípa

Spojovací proces je v závodu Johnson Controls organizován do výrobních buněk.

Každá výrobní buňka je navržena tak, aby se v ní vyráběl jeden typ výrobku pro jednoho odběratele (např. potah na přední sedadlo pro vůz Škoda Fabia). Jedna řada pracovníků vyrábí sedák a druhá opěradlo. Jednotlivé operace jsou uspořádány tak, aby na sebe plynule navazovaly. Takt výroby je navržen tak, aby byly všechny části potahu vyrobeny ve stejný okamžik. Vyrobené části jsou odkládány na dopravníkový pás, a dopraveny k pracovníkovi, který sady kompletuje. Výrobní buňky jsou viditelně označeny tak, aby bylo okamžitě zřejmé, jaký typ výrobku a pro jakého odběratele se zde zhotovuje. Pracovníci v každé z těchto buněk mají k dispozici referenční vzorek,

podle kterého si kdykoli mohou ujasnit způsob výroby. Navíc je na každém pracovním místě přiložen Výrobní list, na kterém je přehledně graficky znázorněno jaká operace se zde vykonává a je popsán pracovní postup pro zhotovení operace. Aby pracovníci neupadli do stereotypu a předešlo se jednostrannému zatěžování těla při vykonávání stále stejných pohybů, musí se každé dvě hodiny posunout o jedno pracovní místo. Nejen, že se tak předejde výše uvedeným jevům, ale pracovník si takto lépe uvědomuje návaznost operací. Pracovníci jsou navíc schopni v rámci buňky kohokoli kdykoli zastoupit. Pracovní místa jsou navržena tak, aby pracovník šicí stroj obsluhoval vestoje.

Samotná organizace práce v buňkách je organizována podle metody označované názvem One Piece Move.

Jedná se o organizaci, jejímž účelem je zamezit hromadění rozpracovaných výrobků na jednom pracovním místě. Po pracovníkovi se tedy požaduje, aby po dokončení každého pátého kusu předal rozpracované výrobky pracovníkovi, který zhotoví následující operaci. Takto se zajistí neustálý tok výroby, ale také se předejde zhotovení větší chybné série. V případě, že se pracovník dopouští opakující se chyby, následující pracovník ji na něj upozorní ihned po 5 vadných výrobcích. Takto se redukuje ztráta času spojené s opravami chybných operací.

Samotné spojování probíhá na šicích strojích převážně značky Durkopp-Adler. Stroje šijí průměrnou rychlostí 3000 ot/min. Aby se docílilo dostatečné kvality a životnosti švů, sešívají se díly vázaným stehem. Některé švy jsou pak následně rozloženy a prošity dvěma řadami stehů. Takto se docílí zpevnění v nejvíce namáhaných místech, ale operace má i estetický efekt.

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem experimentu bylo zjistit, zda je možné spojit materiál, který pro tento účel poskytla firma Johnson Controls Česká Lípa, ultrazvukem, tak, aby bylo dosaženo kvalitního spoje, který by mohl být běžně používán při výrobě potahů automobilových sedadel.

Nejprve bylo zapotřebí nalézt optimální nastavení parametrů spojování na stroji Pfaff 8310-043 (pro ultrazvukové svařování textilních materiálů), které bude vhodné pro spojování zadaného materiálu.

Následně byla testována pevnost vytvořených spojů na dynamometru LabTest 2.050. Pevnost spoje byla měřena podle normy GMW14145 (General Motors Worldwide Engineering Standards), kterou pro testování pevnosti spoje používá firma Johnson Controls.

Je požadováno, aby běžné švy na potazích sedaček měly pevnost 320N/5cm. U ultrazvukových svarů by mělo být dosaženo stejné pevnosti, aby mohly být aplikovány do běžné výroby a nahradit tak klasické šití. Takto pevný spoj je zapotřebí kvůli tomu, že je potah na sedadle předeprnutý. Po zatížení sedadla osobou je pak síla působící na spoje materiálu velmi vysoká. Spoje tedy musí odolávat velmi intenzivnímu namáhání, a to statickému i dynamickému. Tyto parametry platí pro běžné švy potahů automobilových sedadel. V místech, kde bude v sedadle umístěn boční airbag, se zhotovují švy speciálních vlastností. Tento speciální typ švu není v experimentu uvažován.

V případě, že experiment bude mít kladný výsledek a bude dosažena požadovaná pevnost ultrazvukového svaru, bude provedeno ekonomické vyhodnocení zavedení této technologie ve firmě Johnson Controls, jehož cílem bude zjistit návratnost této investice. Součástí ekonomického vyhodnocení bude i časové porovnání hotovení spojů šitím a ultrazvukovým svařováním.

6 Stroj pro ultrazvukové svařování textilií Pfaff 8310 - 043

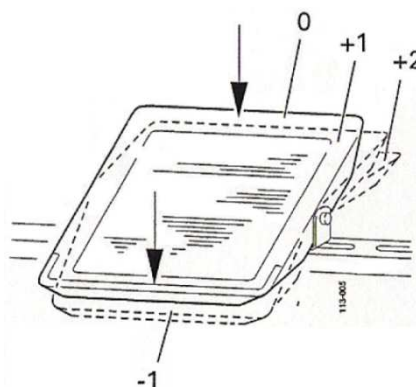
Na tomto stroji byl spojován materiál, který určila firma Johnson Controls pro testování vhodnosti využití ultrazvukového spojování při výrobě potahů automobilových sedaček. Postupným měněním parametrů spojování bylo zjišťováno optimální nastavení stroje pro spojování testovaného materiálu.



Obr. 20: Ultrazvukový svařovací stroj Pfaff 8310-043 pro spojité sváření poddajných termoplastických materiálů a netkaných textilií

Svařovací stroj má podobu šicího stroje, je složen s výškově stavitelného podstavce a hlavy stroje, která má v tomto případě plochou základní desku. Je rozšířen o funkci Cut'n'Seal (svaření a odřezání švového přídatku v jedné operaci).

Stroj se ovládá pomocí pedálu, který má 3 ovládací polohy, které jsou podrobně popsány na Obr. 21.



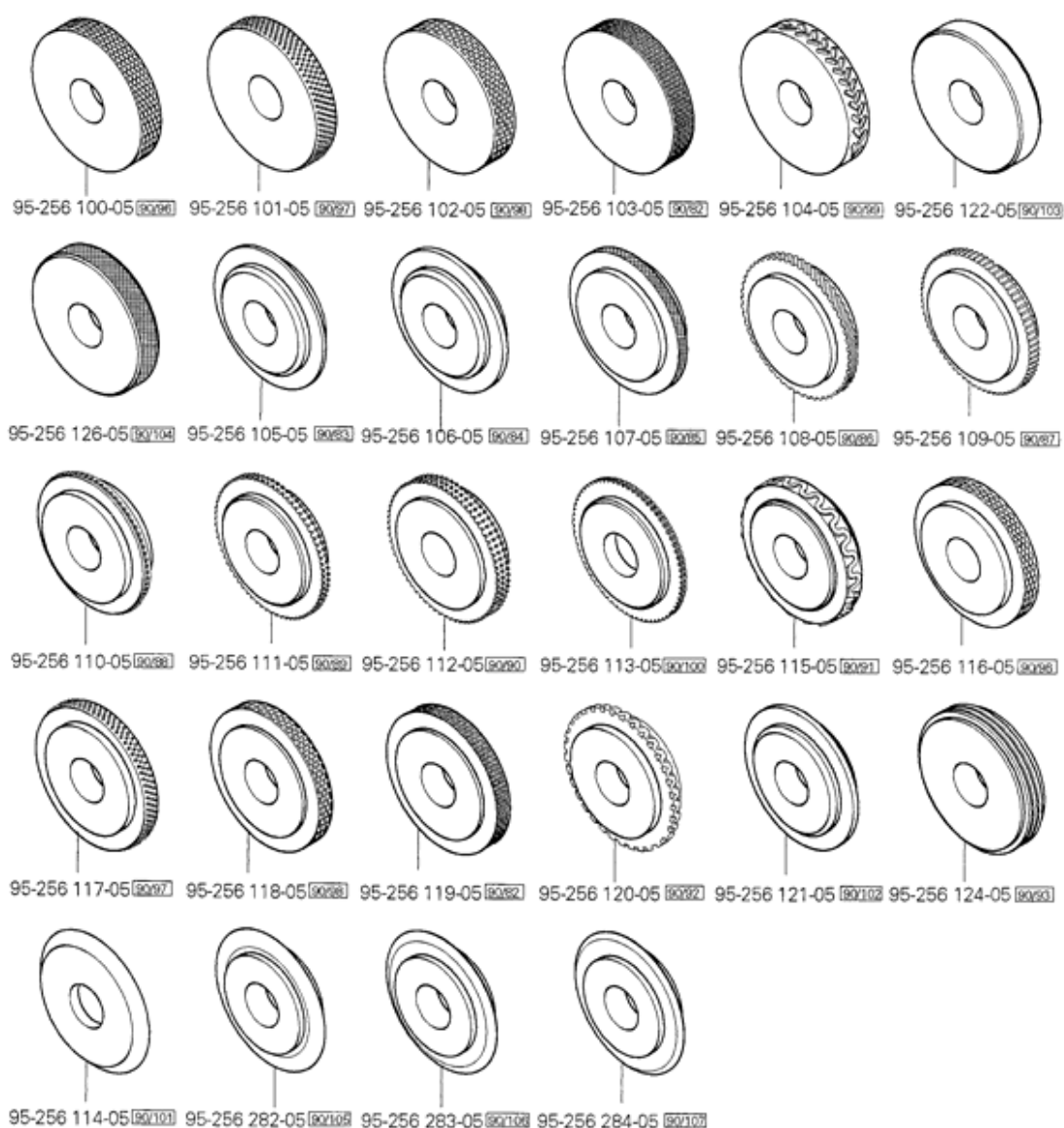
0 - výchozí, neutrální pozice; +1 - spuštění přitlačného kolečka dolů; +2 - začátek spojování;
-1 - konec spojování

Obr. 21: Ovládací pedál stroje Pfaff 8310 [11]

Nastavení parametrů svařování je možné prostřednictvím dotykového panelu Digital PLC control.

Pracovní nástroj je složen z rotačního přitlačného kolečka, na které je z horní části hlavy stroje přivedena ultrazvuková energie a z točivého titanového kolečka ve spodním rámu. Umístění jednotlivých součástí je popsáno na Obr. 14, v kapitole 3.2.

Svařovaný materiál je vkládán do mezery mezi přitlačné a titanové kolečko. Horní kolečko má průměr 65 mm, šířka a tvar mohou být podle přání zákazníka. Mezní šířka kolečka je však 2-10 mm. Základní nabídka koleček firmy Pfaff ke stroji 8310 je na Obr. 22. U stroje je možné použít přitlačná kolečka typu Cut'n'Seal, která materiál spojí a zároveň odřežou švovou záložku.



Obr. 22: Přítlačná kolečka pro stroj Pfaff 8310 [11]

Technické parametry stroje Pfaff 8310:

Parametry spojování:

- svařovací tlak až 800 N
- tloušťka spojovaného materiálu musí být $>50\text{ }\mu\text{m}$
- rychlost pojení 0,5-10,0 m/min
- šířka švu – 2-10 mm
- mezera mezi přitlačným a titanovým kolečkem v průběhu pojení může být 0-2 mm, jemnost nastavení 1/50 mm pomocí manuálního kolečka
- spojovací frekvence 35 kHz, možnost nastavení výkonu 50-100 % (500W)

Požadavky na energii:

- požadované napětí v síti $230\text{ V} \pm 10\%$
- spotřeba el. energie 800 kVA
- výkon až 500 W
- pracovní tlak stlačeného vzduchu 6 bar
- spotřeba stlačeného vzduchu $<10\text{ l/min.}$

Rozměry stroje:

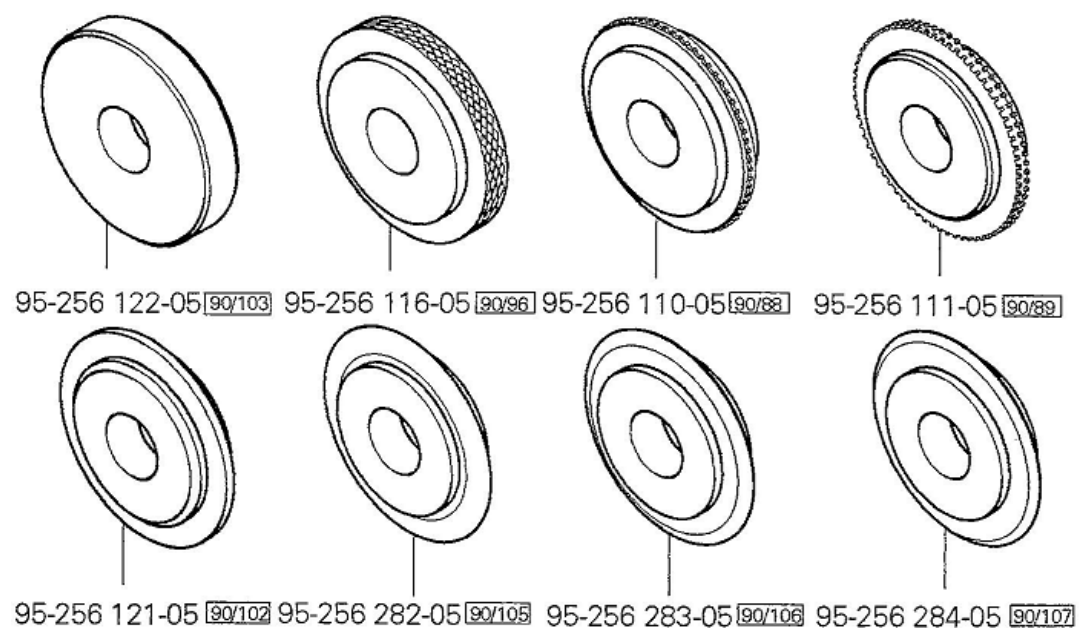
- hloubka 600 mm
- šířka 1250 mm
- výška 1300 mm
- hmotnost 145 kg

- emise zvuku do okolí $< 70\text{ dB}$

[11]

Pro výrobu, kde je nutné šít složité tvary nebo ostré úhly nabízí firma Pfaff stroj 8310 ve verzi se spojovacím kolečkem menšího průměru, tedy 30 mm. V případě, že stroj není rozšířen o funkci Cut'n'Seal, spodní podávací kolečko není hladké, ale má hrubý, zrnitý povrch. V tomto případě nastává zásadní změna také ve způsobu přívodu ultrazvukové energie, která není přivedena na horní přitlačné kolečko, ale naopak je zdrojem energie kolečko spodní. [15]

Na Katedře oděvnictví jsou ke stroji Pfaff 8310 - 043 tato spojovací kolečka:



Obr. 23: Spojovací kolečka, která jsou příslušenstvím stroje Pfaff 8310 - 043 v laboratoři nekonvenčního spojování na katedře oděvnictví.

7 Testování pevnosti spoje

Pevnost spoje byla testována podle normy GMW14145, používané ve firmě Johnson Controls. Bylo nutné použít stejnou normu, jaká se používá pro testování švů, které by měly svařované spoje nahradit, aby bylo možné co nejlépe porovnat jejich vlastnosti. Protože je norma určena pro testování švů, bylo nutné ji mírně upravit. Tyto změny však nebyly zásadní a nemohly ovlivnit průběh zkoušky. Jednalo se především o nedodržení části normy, která udávala parametry šicího stroje, typ jehly a nití, které nebylo možné dodržet z důvodu použití jiného způsobu spojování.

Pevnost spoje byla testována na dynamometru LabTest 2.050, který byl nastaven podle parametrů udaných ve výše zmíněné normě.

Parametry testovacích vzorků podle normy GMW14145:

Velikost vzorků udaná normou je 200 ± 1 mm x 50 ± 1 mm, které mají být odebrány po osnově, útku i šikmo pod úhlem 45° . V každém z těchto směrů by měly být odebrány alespoň 3 vzorky. Vzorky mohou být vystříženy, nebo vyseknuty přesnou matricí. Spojovány k sobě jsou pak kratší strany vzorku. Vzorek se přeloží na polovinu, volné konce se spojí - švová záložka má šířku 10 mm. Po spojení volných konců dojde k rozstřížení vzorku v ohybu. Tyto konce jsou pak upevněny do čelistí dynamometru. Délka vzorku po vytvoření spoje je 180 mm, šířka zůstává zachována, tedy 50 mm.

Ustřížení vzorků bylo dodrženo dle normy. Pro každou testovanou sérii vzorků (série = vzorky spojené za stejných podmínek) bylo zhotoveno vždy 5 vzorků. Vzorky však byly odebrány jen po osnově, aby se ušetřil materiál. V případě dosažení pevnosti spoje kolem 320N/5cm by byla zkouška doplněna i o test vzorků střížených ve zbylých dvou směrech.

Nastavení dynamometru LabTest 2.050 podle normy GMW14145:

Rychlost trhání spoje byla konstantní, a to 100 mm/min ($\pm 10\%$). Vzorek měl být namáhán až do úplné destrukce spoje. Tyto parametry udávala norma.

Dále bylo nastaveno minimální předpětí o hodnotě 0,2 N. Aby se docílilo úplné destrukce spoje, bylo nastaveno ukončení zkoušky při poklesu síly o 80% oproti zjištěné síle maximální (F_{max}).

Pro vyhodnocení výsledků byla zaznamenána síla při prvním porušení spoje - F_p [N/5cm], které většinou nastalo ještě před dosažením maximální síly F_{max} [N/5cm]. Pro úplnost budou uvedeny obě tyto hodnoty. Dále bylo zaznamenáno protažení vzorku odpovídající dané síle A_p a A_{max} [mm].

Po měření bylo nutné výsledky statisticky zpracovat. Pro jednotlivé série výsledků byly spočítány základní statistické charakteristiky. To jsou průměr, směrodatná odchylka a 95% interval spolehlivosti. Úplný přehled naměřených výsledků a statistických charakteristik jednotlivých sérií vzorků je uveden v příloze č. 2. V příloze č. 3 jsou k vidění grafy průběhů jednotlivých měření.

Příloha č. 1 obsahuje detailní popis testovaného materiálu.

8 Testovací vzorky – spojování a pevnost

Přístroj Pfaff 8310 - 043, na kterém byly spojovány testovací vzorky, je podrobně popsán v kapitole 6. V kapitole 7 jsou pak zaznamenány podmínky průběhu pevnostní zkoušky na dynamometru. Tato kapitola se bude věnovat popisu samotného spojování vzorků a pokusí se vysvětlit, z jakých důvodů byly zvoleny konkrétní spojovací parametry. K jednotlivým sériím vzorků budou přiřazeny výsledky pevnostní zkoušky.

8.1 Parametry spojů

Na svařovacím stroji Pfaff je možné nastavit a měnit tyto parametry spoje:

- SPOJOVACÍ KOLEČKO - udává tvar stopy spoje
- VÝKON - v rozmezí 50-100% (max výkon je 500W, nebo také 35 kHz)
- RYCHLOST SPOJOVÁNÍ - 0,5-10 m/min
- Svařovací TLAK - 0-6 bar
- MEZERA mezi podávacími kolečky - 0-2 mm (Nastavuje se s ohledem

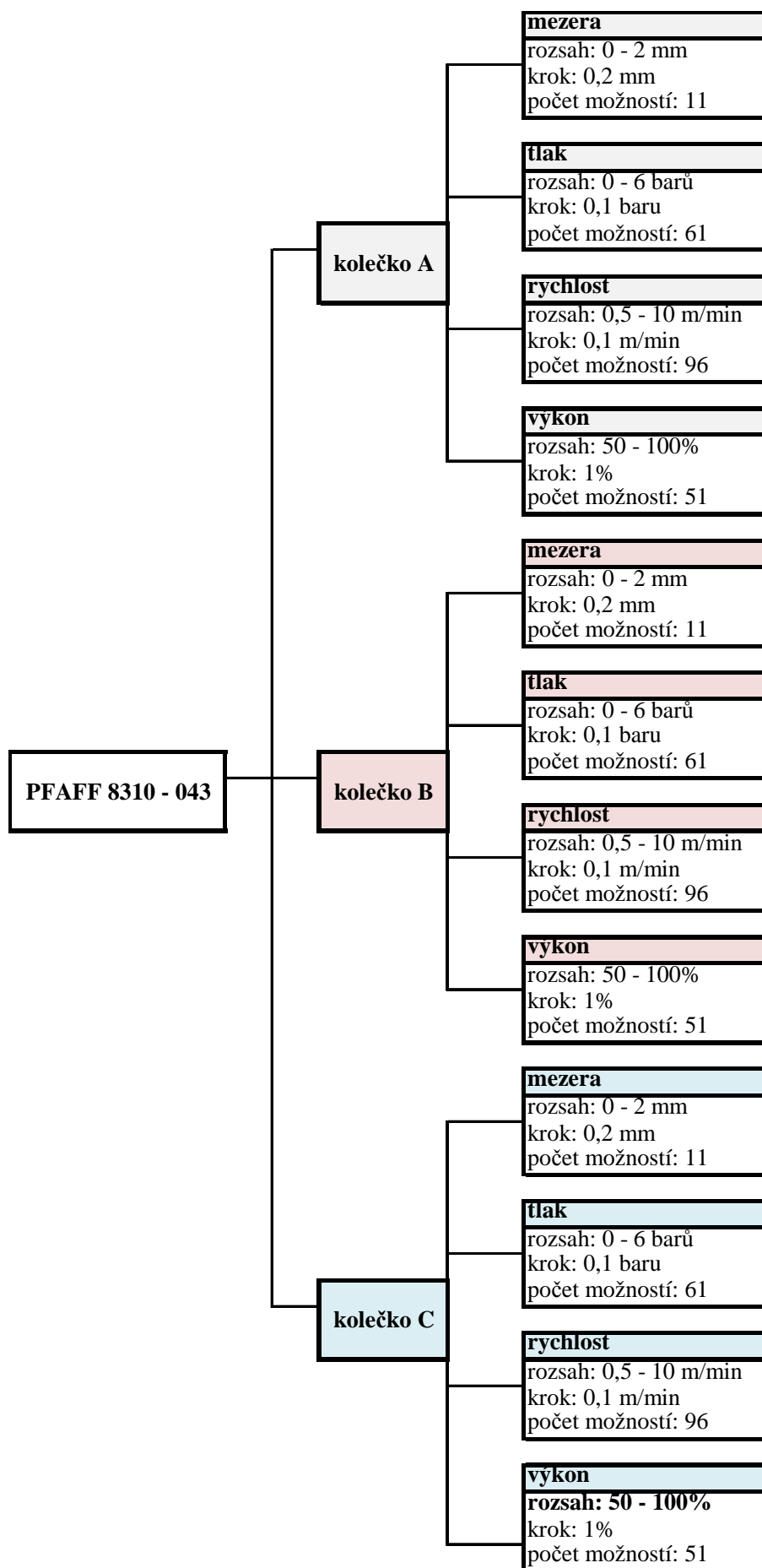
na tloušťku materiálu, podobně jako přítlak podávací patky u šicího stroje.)

Měněním těchto parametrů lze ovlivnit kvalitu spoje. Nastavení parametrů je charakteristické pro každý typ materiálu. Při hledání optimální kombinace nastavení těchto parametrů nejvíce záleží na tloušťce materiálu a jeho složení, ale také jeho struktuře a dalších vlastnostech. Kvalitu spoje ovlivňuje také typ použitého vrchního podávacího kolečka. V případě výměny tohoto kolečka je často nutné změnit alespoň některé parametry spojování.

V současné době neexistuje žádný odborný názor na to, jaké parametry je vhodné nastavit pro určitý typ materiálu. Nebyla vypracována ani žádná práce, která by definovala míru závislosti kvality spoje na nastavených parametrech. Vzhledem k množství možných kombinací nastavení všech měnitelných parametrů by bylo nutné provést velmi vysoký počet měření, jejichž výsledky by vedly k alespoň přibližnému definování optimálního nastavení spojovacích parametrů pro daný typ materiálu.

V případě, že budou v experimentu použity tři typy koleček, je celkový počet kombinací nastavení šicího stroje $3 \times 3 \times 285\,216$, tedy 9 855 648 kombinací. Možnosti nastavení šicího stroje jsou přehledně zakresleny v diagramu na následující straně.

V tomto diagramu jsou zobrazeny všechny parametry spojování, které je možné měnit, velikost kroku, po kterém je možné parametr měnit a počet možností nastavení jednotlivých parametrů.



Obr. 24: Diagram znázorňuje parametry, které je možné měnit na stroji Pfaff 8310.

Vzhledem v nemožnosti určení optimálních spojovacích parametrů empiricky, musely být parametry vhodné pro spojování určeného typu materiálu hledány náhodně.

Aby bylo možné zjistit optimální nastavení parametrů spojování, byly zhotovovány zkušební vzorky.

Byl měněn vždy alespoň jeden parametr spojování a sledován vzhled a chování spoje. Bylo sledováno, zda není materiál spálen a také, zda drží při trhání rukama. V případě, že vypadal spoj uspokojivě, byly za stejných podmínek spojování zhotoveny vzorky určené k měření pevnosti spoje. Parametry spoje byly zaznamenány zároveň s číslem série testovacích vzorků (série vzorků - vzorky spojené za stejných podmínek, tedy při stejném nastavení parametrů spojování), aby bylo možné později bez problémů a kvalitně vyhodnotit výsledky měření. Každá série obsahovala 5 vzorků.

Nebyla však příliš snižována rychlost šití, protože i když by se snížením spojovací rychlosti na minimum docílilo zlepšení kvality spoje, nebyla by takto malá rychlost vhodná pro průmyslové spojování. Pokud budeme uvažovat, že průmyslový šicí stroj šijící vázaným stehem šije průměrnou rychlostí 3000 ot/min a délka stehu je 3 mm, rychlost spojování je pak přibližně 9m/min. Podle mého názoru by pak nebylo výhodné spojovat rychlostí kolem 1m/min nebo nižší. Takto by došlo k výraznému zpomalení výroby.

Aby nebylo zaznamenání parametrů spojování příliš dlouhé, byl zvolen zkrácený způsob zápisu těchto parametrů a to následně:

Výkon [%]/ rychlost podávání [m/min]/ tlak [bar] typ kolečka - vzdálenost podávacích koleček [mm]

Např.: 67/2,5/1,5 B - 1,6

Tato čísla jsou uvedena pro lepší přehled v příloze č. 2 spolu s označením čísla série vzorků.

Samotné vzorky byly značeny:

číslo série / pořadí vzorku v sérii.

Např.: S15/V3

Takovéto označení vzorků je použito v příloze č. 3, při označování grafů zaznamenávajících průběhy jednotlivých pevnostních zkoušek.

Snížení počtu kombinací nastavení parametrů spojování:

Z Obr. 24 je patrné, jaké nesmírné množství kombinací nastavení parametrů spojování je možné na stroji Pfaff navolit. Je to přesně 3 285 216 kombinací parametrů. Počet kombinací se dále zvyšuje s použitím více spojovacích koleček. Než se přistoupilo k hotovení testovacích vzorků, muselo se zhotovit velké množství vzorků zkušebních, pomocí kterých byl vymezen menší okruh zkoumané oblasti. I tak se parametry spojování volily víceméně náhodně.

Při hotovení zkušebních vzorků byly měněny parametry spojování a bylo zjišťováno, za jakých podmínek spojování bude docíleno vhodného spoje. Po spojení byla vizuálně zkoumána estetická stránka spoje. Především šlo o to, zjistit, zda není materiál spálený. Dále bylo orientačně, trháním rukou, zjišťováno, zda spoj drží. Takto bylo možné hodnotit především to, jestli je správně nastavená vzdálenost mezi přitlačnými kolečky, nebo zjistit, zda byl zvolen vhodný typ spojovacího kolečka. Správná vzdálenost mezi přitlačnými kolečky se dala určit i podle chování vzorku při spojování. Při velmi malé mezeře totiž došlo k přilepení vzorku na kolečko. K tomuto jevu však mohlo dojít i v případě, že byl zvolený i příliš vysoký výkon pracovního nástroje.

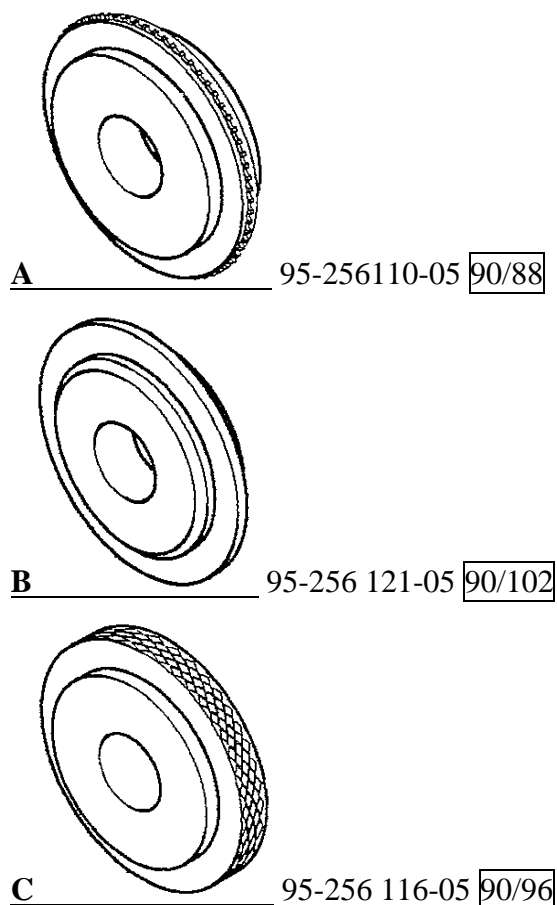
Pomocí testu - roztržení rukou, bylo z testů vyloučeno kolečko typu Cut'n'Seal a kolečka se spojovací plochou širší než 2 mm. Výjimkou bylo kolečko, které je 5 mm široké, ale díky tomu, že je texturované do tvaru mřížky, byla kvalita spoje lepší (spojovací kolečko „C“, viz níže).

Kolečko vzhledově imitující dvě řady stehů vedle sebe bylo vyloučeno z estetických důvodů. Tento efekt je podle mého názoru vhodný spíše pro hotovení ozdobných prvků (např. pro nahrazení ozdobného prošití).

Byla tedy vybrána 3 kolečka, která budou použita v průběhu experimentu. Snížením počtu použitých spojovacích koleček byl výrazně snížen počet kombinací.

Dalšího snížení počtu kombinací bylo docíleno určením optimální mezery mezi podávacími kolečky.

I když byl počet kombinací snížen, stále bylo nutné vybírat z velmi velkého počtu kombinací, než bylo dosaženo alespoň zdánlivě optimálních parametrů spojování. Zda bylo nastavení opravdu správné, bylo možné ověřit až při testování pevnosti konkrétního spoje.



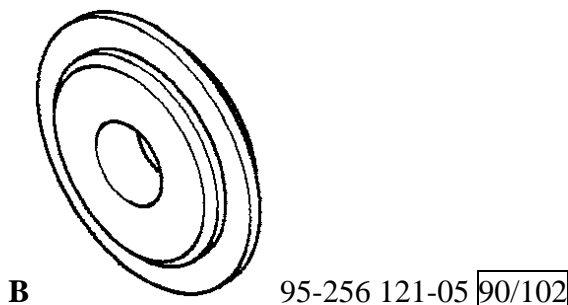
Obr. 23: Kolečka, která byla použita při výrobě testovacích vzorků, písemné označení odpovídá značení použitému při označování sérií vzorků. Číselné označení je katalogové číslo dílu, které je uvedeno v dokumentaci ke stroji Pfaff 8310 [11]. Průměr koleček je 65 mm.

Spojovací kolečka byla zvolena s ohledem na typ materiálu a na požadavky vzniklého spoje.

V následujících kapitolách bude podrobně popsáno hledání optimální kombinace parametrů spojování určené textilie.

8.2 Hotovení vzorků pomocí spojovacího kolečka „B“

Nejdříve byly vzorky spojovány pomocí kolečka, jehož spojovací plocha je hladká, 2 mm široká.



Nastavení optimální mezery mezi přitlačnými kolečky:

V první řadě bylo nutné zjistit, jaká je optimální vzdálenost přitlačných koleček. Všechny parametry spojování byly zafixovány a byla měněna pouze vzdálenost. Za optimální, pro tento typ kolečka a materiálu, byla nakonec zvolena vzdálenost 1,6 mm. Při menší vzdálenosti byl materiál spálený a lepil se na spojovací kolečko, při vyšší zase nebyl materiál spojen ve všech místech. Po zvolení optimální vzdálenosti mohly být měněny další parametry a hledáno optimum jejich nastavení.

Hledání optimálního nastavení zbývajících parametrů:

Pro 1. sérii vzorků byly zvoleny následující parametry:

- Výkon 67%, s tím, že bude postupně zvyšován. Nižší výkon nezajistil spojení materiálu v celé délce rovnoměrně.
- Rychlost spojování 2,5 m/min. Také se předpokládalo, že bude následně měněna.
- Tlak 1,5 baru. Jeho hodnota se nebude měnit nějak výrazně, nebo často. Při zvýšení tlaku docházelo k porušení pleteniny na rubní straně materiálu.

V následující tabulce jsou uvedeny výsledky měření těchto vzorků.

Série 1	67/2,5/1,5 B - 1,6			
číslo vzorku	Fp [N/5cm]	Ap [mm]	Fmax [N/5cm]	Amax [mm]
V1	19,62	3,03	19,62	3,03
V2	15,85	3,82	15,85	3,82
V3	15,18	2,87	15,18	2,87
V4	8,12	2,12	8,71	8,37
průměr	14,69	2,96	14,84	4,52
s	4,80	0,70	4,5	2,60
v [%]	32,65	23,55	30,53	57,45
95% IS spodní mez	9,99	2,28	10,40	1,98
95% IS horní mez	19,39	3,64	19,28	7,07

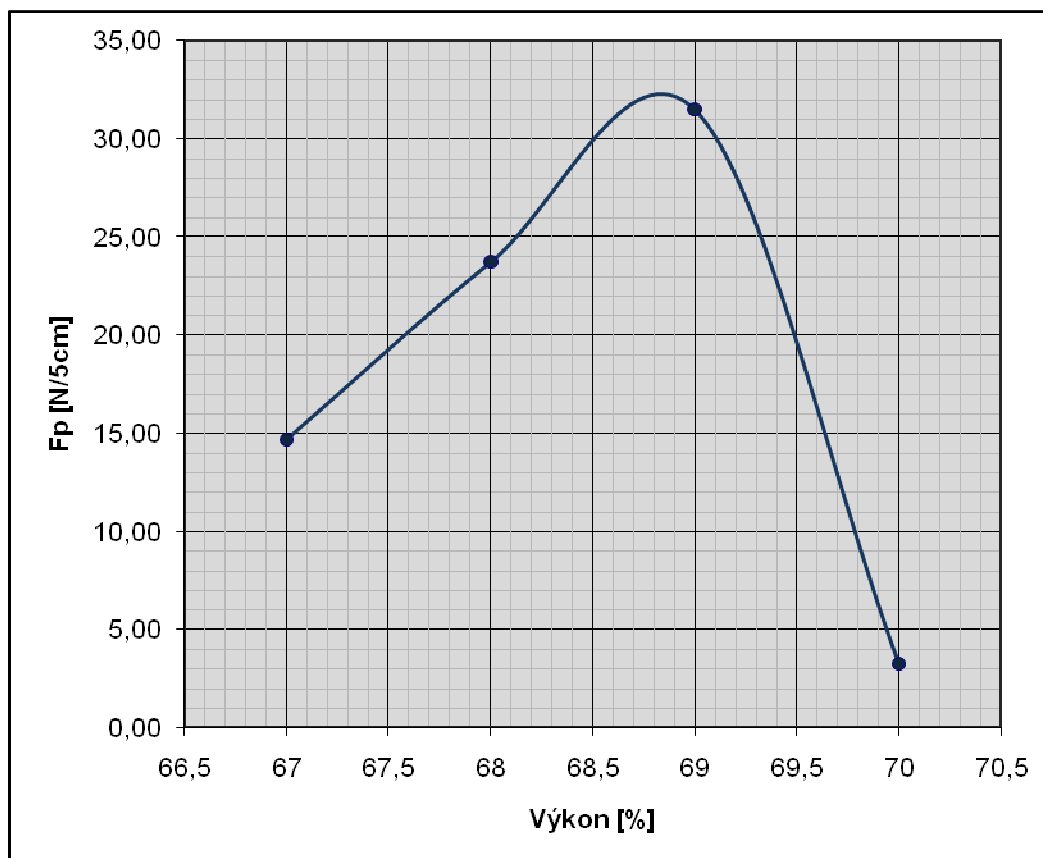
Tabulka 1: Výsledky měření 1. série vzorků. (Parametry spojování jsou udány v pořadí Výkon [%]/ rychlost podávání [m/min]/ tlak [bar] typ kolečka - vzdálenost podávacích koleček [mm])

Pro sérii vzorků č. 2 - 4 byly zafixovány všechny parametry spojování použité u série č. 1, kromě výkonu. Ten byl postupně zvyšován, vždy o 1%. Průběh měření těchto vzorků spolu se zpracovanými statistickými údaji je možné vyčíst v příloze č. 2 (tato příloha obsahuje stejný typ dat pro všechny měřené série vzorků). Přesný průběh pevnostních zkoušek je graficky zaznamenán v grafech obsažených v příloze č. 3.

V následující tabulce jsou uvedeny pouze průměrné hodnoty síly při prvním porušení vzorku Fp. V grafu umístěném pod touto tabulkou je znázorněna závislost pevnosti spoje na výkonu pracovního nástroje.

č. série	param. spojování	Fp [N/5cm]
1	67/2,5/1,5 B - 1,6	14,69
2	68/2,5/1,5 B - 1,6	23,74
3	69/2,5/1,5 B - 1,6	31,51
4	70/2,5/1,5 B - 1,6	3,26

Tabulka 2: Průměrné hodnoty síly Fp pro sérii vzorků č. 1 - 4. Tyto vzorky mají shodné parametry spojování, kromě hodnoty výkonu.



Graf 1: Znárodnění závislosti pevnosti spoje na změně výkonu pracovního nástroje, při fixaci hodnot ostatních parametrů spojování. Výsledky měření sérií 1 - 4.

Pro sérii č. 5 byla zvýšena rychlost spojování, a to na 2,7 m/min, tedy o 0,2 m/min. Rychlost byla zvýšena, protože při stávajícím výkonu, tedy 70% začínaly být vzorky spálené. Ostatní parametry zůstaly stále stejné. Tato rychlost zůstala stejná i pro sérii č. 6, avšak výkon se zde zvýšil o 1%. Výsledky jednotlivých měření a jejich statistické zpracování je opět možné vidět v příloze č. 1.

č. série	param. spojování	Fp [N/5cm]
5	70/2,7/1,5 B - 1,6	9,34
6	71/2,7/1,5 B - 1,6	4,22

Tabulka 3: Průměrné hodnoty síly Fp pro sérii vzorků č. 5 a 6. (Parametry měření jsou udány v pořadí Výkon [%]/ rychlost podávání [m/min]/ tlak [bar] typ kolečka - vzdálenost podávacích koleček [mm])

Pro sérii č. 7 a 8 byla snížena rychlost opět na 2,5m/min. Výkon byl použit 70 a 73 %. Navíc došlo ke zvýšení tlaku o 0,2 baru, tedy na 1,7 baru.

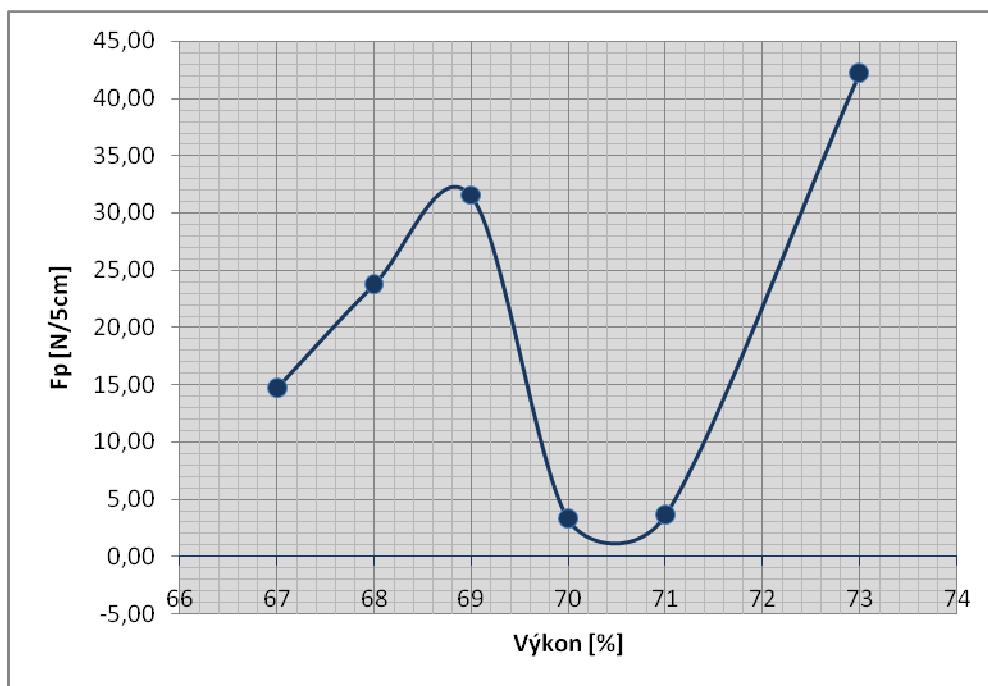
č. série	param. spojování	Fp [N/5cm]
Série 7	70/2,5/1,7 B - 1,6	19,14
Série 8	73/2,5/1,7 B - 1,6	32,89

Tabulka 4: Průměrné hodnoty síly Fp pro sérii vzorků č. 7 a 8.

Protože spoje vzorků ze sérií č. 7 a 8 nevypadaly příliš kvalitně, jevíly se spáleně, bylo rozhodnuto, že se opět zvýší rychlost spojování na hodnotu 2,7 m/min. Tlak zůstal stejný jako u série 7 a 8. U sérií 9 až 11 byl tedy měněn výkon. Nabyly tedy hodnot 71, 70 a 73%. Výsledky měření jsou podrobně zaznamenány v příloze č. 2.

č. série	param. spojování	Fp [N/5cm]
Série 9	71/2,7/1,7 B - 1,6	2,97
Série 10	70/2,7/1,7 B - 1,6	26,00
Série 11	73/2,7/1,7 B - 1,6	51,51

Tabulka 5: Průměrné hodnoty síly Fp, pro sérii vzorků č. 9 až 11. (Parametry spojování jsou udány v pořadí Výkon [%]/ rychlost podávání [m/min]/ tlak [bar] typ kolečka - vzdálenost podávacích koleček [mm])



Graf 2: Změna pevnosti spoje v průběhu měření sérií č. 1 - 11, zobrazená v závislosti na výkonu.

Graf má pouze ilustrační charakter, protože se měnily i jiné parametry spojování, ne jen výkon. V případě, že pro některá měření byl použit stejný výkon pracovního nástroje, je pro vykreslení grafu použita průměrná hodnota těchto hodnot.

Ukončení experimentu na kolečku „B“:

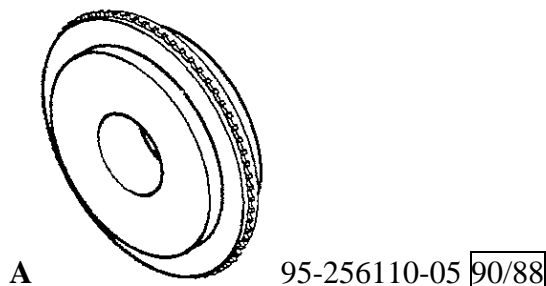
Při dalším zvyšování výkonu docházelo k pálení materiálu. Řešením se nezdálo být ani zvýšení rychlosti spojování, kdy byl spoj nekvalitní, spojení nebylo ve všech místech rovnoměrné. Testy s využitím tohoto typu kolečka byly tedy ukončeny a výzkum se zaměřil jiným směrem.

8.3 Hotovení vzorků pomocí spojovacího kolečka „A“

Pro následující série vzorků bylo použito kolečko, které při spojování napodobuje vzhled jedné řady stehů.

Pomocí tohoto kolečka bylo spojeno 8 sérií vzorků. Jednotlivé série jsou označeny čísly 12 - 19. Podrobné výsledky měření sérií č. 12 až 19 spolu se statistickým

zpracováním těchto dat jsou opět podrobně uvedeny v příloze č. 2. Průběhy jednotlivých pevnostních zkoušek jsou zaznamenány v grafech obsažených v příloze č. 3. Všechny tyto série vzorků byly spojeny kolečkem typu A.



Nastavení optimální mezery mezi přitlačnými kolečky:

Nejdříve bylo nutné opět zjistit optimální mezeru mezi podávacími kolečky. Pro sérii č. 12 byla zvolena mezera 1,6 mm, tedy stejná jako u předešlých sérií pojených kolečkem „B“, ta se však ukázala jako nevhodná (příliš velká). Mezera tedy byla zmenšena na velikost 0,6 mm, která je použita v sériích č. 13 a 14. Protože ani tato vzdálenost se nezdála být vhodnou, v některých místech docházelo k poškození pleteniny na rubní straně materiálu vlivem neplynulého podávání, byla nakonec zvolena mezera 0,8 mm, která byla ponechána pro měření všech ostatních sérií.

Hledání optimálního nastavení zbývajících parametrů:

Při použití tohoto typu kolečka bylo možné navolit podstatně vyšší výkony pracovního nástroje, aniž by došlo k destrukci materiálu vlivem vysoké teploty. Dokonce bylo možné nastavit tlak na jeho maximální hodnotu, tedy 6 barů.

Pro spojení 12. série vzorků, tedy první série spojované tímto typem kolečka byly nastaveny následující hodnoty parametrů:

- Vzdálenost 1,6 mm
- Výkon 86%, předpokládá se, že se bude následně zvyšovat na nejvyšší možnou hodnotu.
- Rychlost spojování 1,5 m/min.

○ Tlak 6 barů. Jeho hodnota zůstává pro všechny série pojené tímto kolečkem stejná.

Pro spojení vzorků série č. 13 byly použity stejné parametry jako u série č. 12, byla změněna pouze velikost mezery mezi podávacími kolečky na hodnotu 0,6 mm, tedy na polovinu, protože stávající vzdálenost se ukázala jako nevhodná.

Při spojování série č. 14 byly použity stejné parametry jako u série č. 13. Byla zvýšena jen rychlost spojování o 1 m/min, tedy na hodnotu 2,5 m/min. Tímto sice došlo k poklesu pevnosti, ale cílem pokusu bylo dosáhnout co nejvyšší rychlosti spojování.

Protože se při zvyšování výkonu pracovního nástroje ukázala mezera mezi podávacími kolečky jako nevhodná, byla v této sérii změněna, a to na hodnotu 0,8 mm. Při vzdálenosti 0,6 mm docházelo k neplynulému podávání materiálu.

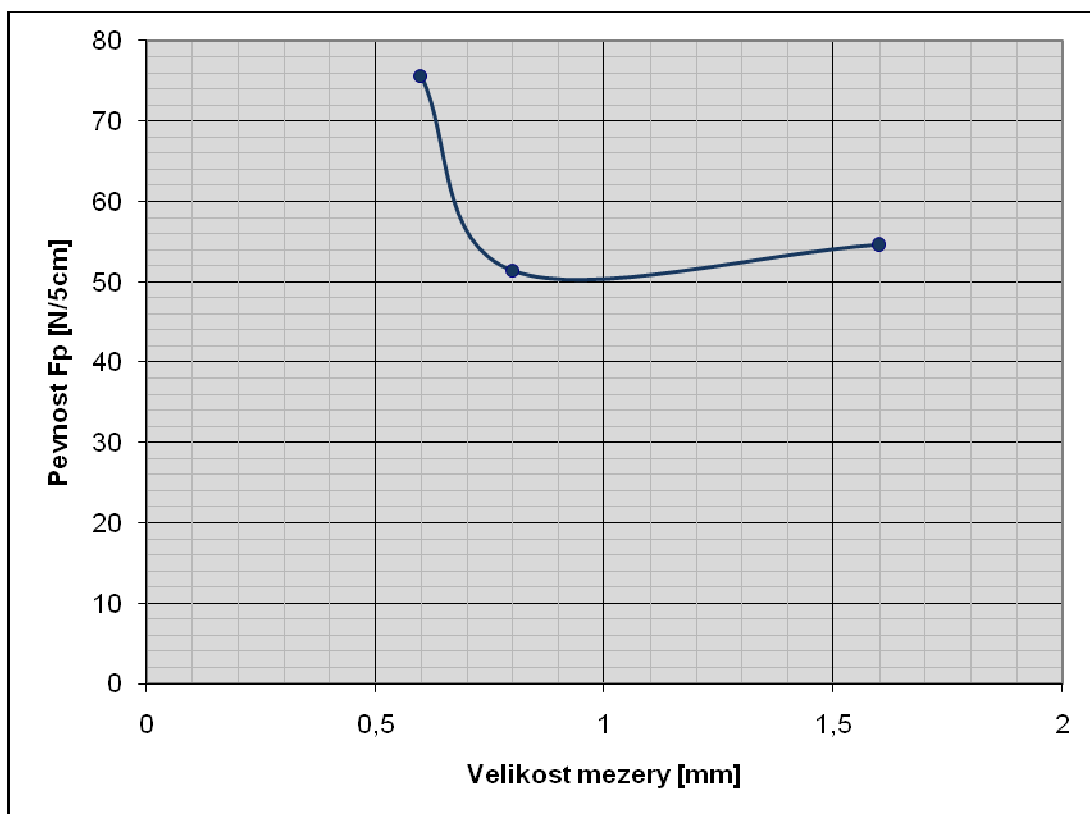
Pro sérii č. 15 byly použity stejné parametry jako u série 14, s výjimkou vzdálenosti mezi podávacími kolečky, jak bylo řečeno výše. Vlivem toho došlo opět v poklesu pevnosti spoje. Tentokrát však nepatrnému. Tento pokles pevnosti způsobený úpravou mezery mezi podávacími kolečky bude následně odstraněn zvýšením výkonu pracovního nástroje.

Průměrná pevnost spojů sérií vzorků č. 12 až 15, F_p je zaznamenána v následující tabulce.

č. série	param. spojování	F_p [N/5cm]
12	86/1,5/6 A - 1,6	54,65
13	86/1,5/6 A - 0,6	75,58
14	86/2,5/6 A - 0,6	56,33
15	86/2,5/6 A - 0,8	51,398

Tabulka 6: Průměrné hodnoty síly F_p , pro série vzorků č. 12 až 15. U těchto sérií byla stále stejná hodnota výkonu pracovního nástroje a tlak. Jsou měněny hodnoty rychlosti podávání a mezery mezi přítlačnými kolečky.

(Pozn.: Parametry spojování jsou udány v pořadí Výkon [%]/ rychlost podávání [m/min]/ tlak [bar] typ kolečka - vzdálenost podávacích koleček [mm])



Graf 3: Graf znázorňuje, jakým způsobem ovlivňuje velikost mezery mezi podávacími kolečky pevnost spoje. Je vykreslen pro pevnost spoje Fp sérií 12, 13 a 15.

Graf má pouze orientační charakter, protože v sérii č. 15 nebyly ostatní parametry stejné jako u zbylých dvou sérií. Rychlost podávání zde byla o 1 m/min vyšší než v sériích 12 a 13, tedy 2,5 m/min.

Aby byla opět zvýšena pevnost spoje, která v předešlých sériích poklesla úpravou mezery mezi podávacími kolečky a zvýšením rychlosti podávání, bylo nutné zvýšit výkon pracovního nástroje.

V sérii č. 16 tedy byly zachovány všechny stávající parametry nastavení a byla navýšena pouze hodnota výkonu z 86% na 90%.

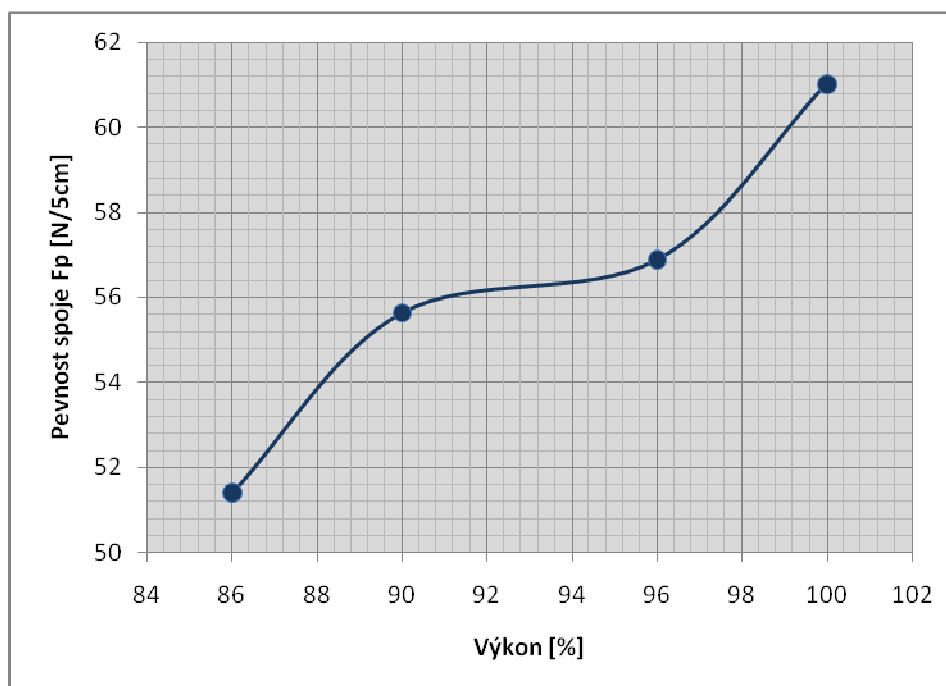
V sérii č. 17 pak byl výkon navýšen na 96% a v sérii č. 18 na 100%.

Jelikož bylo dosaženo maximální hodnoty výkonu pracovního nástroje, další zvyšování pevnosti spoje bylo možné dosáhnout snížením spojovací rychlosti.

V sérii č. 19 byla tedy tato rychlost snížena na 2 m/min, a to při zachování stejných hodnot ostatních parametrů spojování jako v sérii předešlé.

č. série	param. spojování	Fp [N/5cm]
16	90/2,5/6 A - 0,8	55,634
17	96/2,5/6 A - 0,8	56,882
18	100/2,5/6 A - 0,8	61,02
19	100/2,0/6 A - 0,8	69,162

Tabulka 7: Průměrné hodnoty síly Fp, pro sérii vzorků č. 16 až 19. V sériích č. 16 - 18 roste pevnost vlivem zvyšování výkonu. V sérii č. 19 dochází k nárůstu pevnosti vlivem snížení rychlosti podávání. (Parametry spojování jsou udány v pořadí Výkon [%]/ rychlost podávání [m/min]/ tlak [bar] typ kolečka - vzdálenost podávacích koleček [mm])



Graf 4: Graf znázorňující vliv zvýšení výkonu pracovního nástroje na pevnost spoje. Jsou zde vykresleny hodnoty zjištěné u sérií č. 15 až 18. Parametry spojování těchto sérií jsou zafixovány, roste pouze výkon pracovního nástroje.

Ukončení experimentu na spojovacím kolečku „A“:

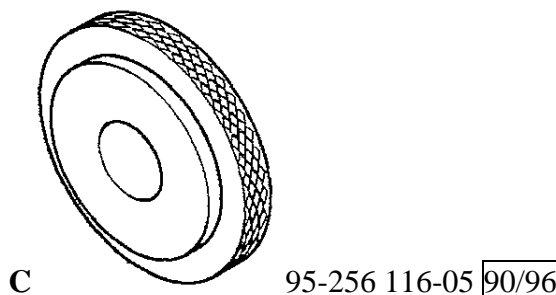
Sérií vzorků č. 19 byly testy pomocí kolečka „A“ ukončeny.

Protože nebylo možné dále zvyšovat hodnoty výkonu a tlaku, které již byly nastaveny na maximum, další cesta ke zvýšení pevnosti spoje vedla jen snížením podávací rychlosti. Ta však v současné době byla dosti nízká ve srovnání s rychlostí šití na šicím stroji. Dalším snížením rychlosti by pravděpodobně došlo k výraznému zpomalení výroby.

Zbývajících možností ke změně vlastností spoje byla výměna spojovacího kolečka.

8.4 Hotovení vzorků pomocí spojovacího kolečka „C“

Po ukončení experimentu s kolečkem „A“ bylo ještě vyzkoušeno, jaké spoje je možné vyrobit pomocí spojovacího kolečka „C“. Toto spojovací kolečko je 5 mm široké, texturované vzorem ve tvaru mřížky.



Pomocí tohoto kolečka byly zhotoveny pouze dvě série testovacích vzorků. Jejich čísla jsou 20 a 21.

Pro první z nich, sérii č. 20, byly nastaveny parametry:

- Výkon 86%.
- Rychlost spojování 1,5 m/min.
- Tlak 6 barů.
- Jako optimální vzdálenost mezi podávacími kolečky byla určena hodnota 1,6 mm.

Pro sérii č. 21 byl z těchto parametrů změněn pouze výkon, jeho hodnota byla zvýšena na 90%.

č. série	param. spojování	Fp [N/5cm]
Série 20	90/1,5/6 C - 1,6	48,88
Série 21	90/1,5/6 C - 1,6	33,80

Tabulka 8: Průměrné hodnoty síly Fp, pro sérii vzorků č. 20 a 21.

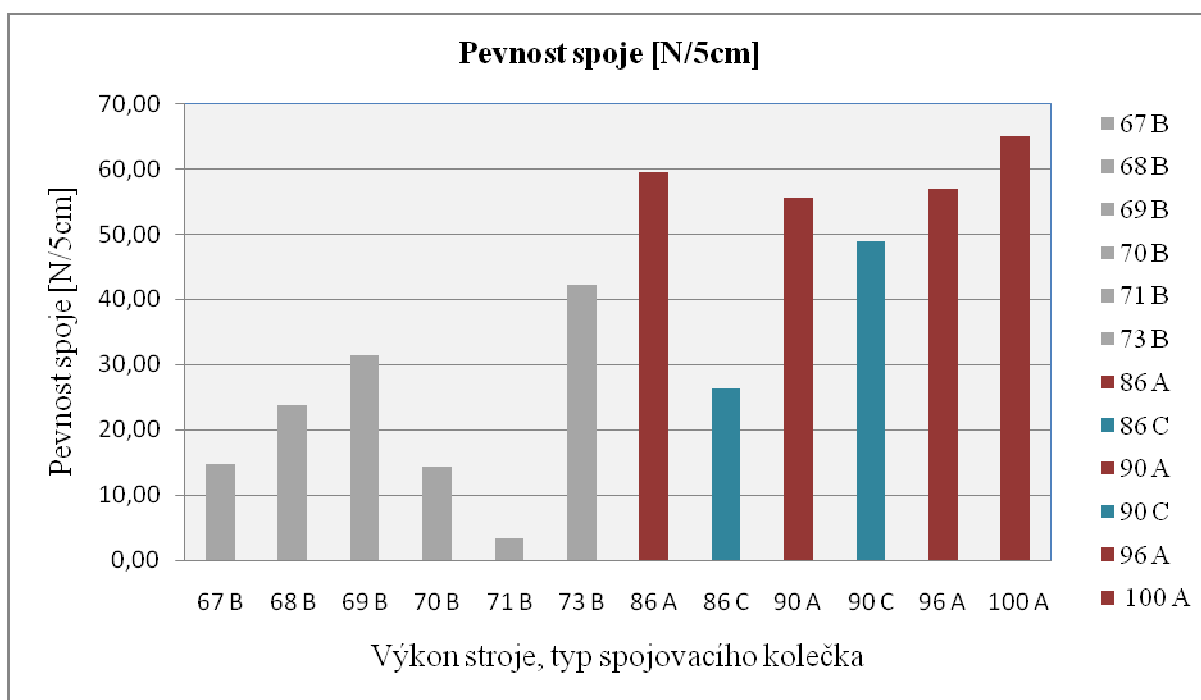
Ukončení experimentu pomocí kolečka „C“:

Dalším zvyšováním výkonu docházelo k poškození materiálu vlivem vysoké teploty.

Spoje zhotovené pomocí tohoto kolečka se po pevnostní zkoušce ukázaly jako nekvalitní. Tento typ kolečka je pravděpodobně vhodný pro spojování tenčích materiálů.

Touto sérií vzorků byly experimenty spojování ukončeny.

V následujícím grafu jsou uvedeny pevnosti spojů Fp v závislosti na výkonu pracovního nástroje ze všech měření, pomocí všech koleček. V případě, že byl stejný výkon použit pro více sérií hotovených pomocí jednoho spojovacího kolečka, je uvedena průměrná pevnost spoje Fp všech těchto sérií.



Graf 5: Závislost pevnosti spoje F_p na výkonu pracovního nástroje (šedá kolečko „B“, červená kolečko „A“, modrá kolečko „C“).

Graf má pouze orientační charakter. V případě, že hodnota výkonu byla stejná pro více sérií pojených stejným kolečkem, byla do grafu zanesena průměrná hodnota všech měření.

9 Diskuze výsledků

V předešlé kapitole je podrobně popsáno, jakým způsobem byly hledány optimální parametry spojování. Spolu s těmito parametry je zde také uvedeno, jaké pevnosti spoje F_p [N/5cm] bylo při daném nastavení stroje dosaženo. Cílem této kapitoly je výsledky měření shrnout a pokusit se najít důvod, proč bylo takovýchto hodnot dosaženo.

9.1 Spoje zhotovené pomocí spojovacího kolečka „B“

Pomocí kolečka „B“ bylo zhotoveno 11 sérií vzorků (každá série obsahovala 5 vzorků, v některých sériích musel být jeden vzorek vyřazen, protože jeho hodnota byla příliš vybočující). Průměrné pevnosti spojů F_p [N/5cm] dosažené u jednotlivých sérií, spolu s odpovídajícími směrodatnými odchylkami a variačními koeficienty, jsou uvedené v následující tabulce.

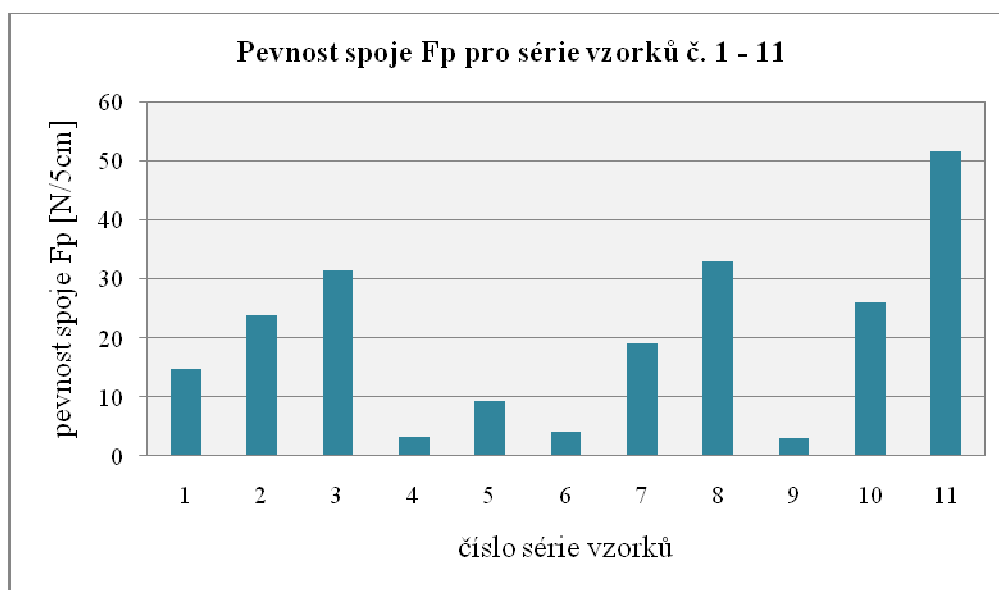
Kolečko "B"				
série	parametry spojování	F_p [N/5cm]	s [N/5cm]	v [%]
1	67/2,5/1,5 B - 0,16	14,69	4,8	32,65
2	68/2,5/1,5 B - 0,16	23,74	2,24	9,44
3	69/2,5/1,5 B - 0,16	31,51	7,77	24,67
4	70/2,5/1,5 B - 0,16	3,26	1,3	39,93
5	70/2,7/1,5 B - 0,16	9,34	7,72	82,65
6	71/2,7/1,5 B - 0,16	4,22	2,46	58,29
7	70/2,5/1,7 B - 0,16	19,14	22,32	116,63
8	73/2,5/1,7 B - 0,16	32,89	32,43	98,62
9	71/2,7/1,7 B - 0,16	2,97	0,73	24,74
10	70/2,7/1,7 B - 0,16	26	2,86	10,99
11	73/2,7/1,7 B - 0,16	51,51	9,85	19,12
22	86/1,5/6 B - 1,6	193, 83	39,49	17,28

Tabulka 9: Průměrné pevnosti spoje F_p [N/5cm] pro série vzorků č. 1 - 11 a 22. (Parametry spojování jsou udány v pořadí Výkon [%]/ rychlost podávání [m/min]/ tlak [bar] typ kolečka - vzdálenost podávacích koleček [mm])

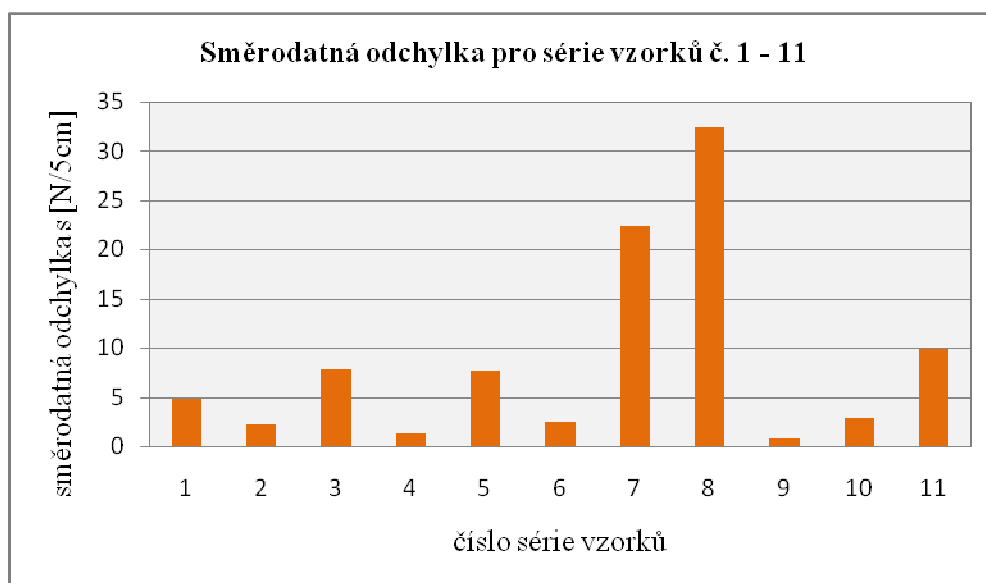
Pozn.: Série č. 22 je vybočující měření, není zahrnuta do statistického vyhodnocení a ze stejného důvodu není zmíněna v kapitole 8. Podrobnosti viz strana 77.

Pevnost spojů těchto 11 sérií vzorků byla obecně velmi nízká. Navíc jsou získaná data charakterizována vysokými variačními koeficienty. Naměřená data na jednotlivých vzorcích byla velmi různorodá. Hodnoty naměřené na jednotlivých vzorcích je možné shlédnout v příloze č. 2. Průměrná hodnota variačního koeficientu je 47,07 %.

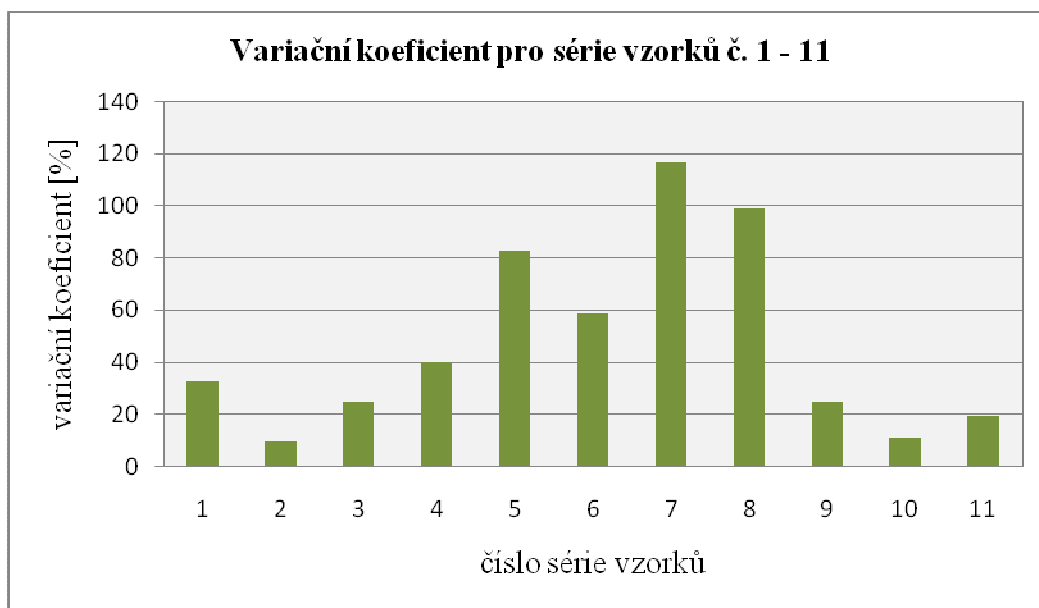
V následujících grafech jsou zakresleny výsledky jednotlivých sérií, aby bylo možné dobře pozorovat, jak se od sebe data získaná v jednotlivých sériích lišila.



Graf 6: Hodnoty pevnosti spoje F_p [N/5cm] (síla při prvním porušení spoje) pro série vzorků č. 1 - 11 (testovací vzorky spojené kolečkem „B“).



Graf 7: Hodnoty směrodatných odchylek s [N/5cm] pro série testovacích vzorků č. 1 - 11 (pojené spojovacím kolečkem „B“).



Graf 8: Hodnoty variačních koeficientů v [%] vypočítané pro série testovacích vzorků č. 1 - 11 (spojené pomocí spojovacího kolečka „B“).

Vyhodnocení nejlepší série spojené kolečkem „B“:

Jako nejlepší z těchto 11 sérií je možné označit sérii č. 11. Tato série má nejvyšší pevnost $F_p = 51,51 \text{ N/5cm}$ (viz Graf 6). Variační koeficient této série má hodnotu 19,12 %, což je dosti vysoké číslo. V porovnání s ostatními sériemi spojenými tímto kolečkem však patří k lepšímu průměru (viz Graf 8).

Výsledky jednotlivých měření vzorků ze série č. 11 je možné vidět v následující tabulce, spolu s parametry spojování. Průběh měření těchto vzorků je obsažen v grafech v příloze č. 3. Co se týká parametrů spojování, ty měly v porovnání s ostatními sériemi nejvyšší hodnoty. Výkon pracovního nástroje 73%, byl ze sérií č. 1 - 11 nejvyšší, rychlost podávání také, a to s hodnotou 2,7 m/min. Tlak byl nastaven na 1,7 baru, i tato hodnota byla nejvyšší ze všech, které byly u těchto 11 sérií nastaveny. Mezera mezi podávacími kolečky - 1,6 mm, byla pro všechny série č. 1 - 11 stejná.

Série 11	73/2,7/1,7 B - 0,16			
	Fp [N/5cm]	Ap [mm]	Fmax [N/5cm]	Amax [mm]
V1	42,64	5,56	42,64	5,56
V2	48,81	5,41	51,34	6,06
V3	45,15	5,27	50,32	6,1
V4	53,38	6,33	58,79	6,81
V5	67,58	6,34	67,58	6,6
průměr	51,51	5,78	54,13	6,23
s	9,85	0,52	9,45	0,49
v [%]	19,12	8,91	17,45	7,90
95% IS spodní mez	42,88	5,33	45,85	5,79
95% IS horní mez	60,15	6,23	62,41	6,66

Tabulka 10: Výsledky měření jednotlivých vzorků v sérii č. 11. Tato série byla vyhodnocena jako nejlepší z řady sérií spojených kolečkem „B“. (Parametry spojování jsou udány v pořadí Výkon [%]/ rychlost podávání [m/min]/ tlak [bar] typ kolečka - vzdálenost podávacích koleček [mm])

Vyhodnocení kvality sérií pojených kolečkem „B“:

Pevnost spoje ve všech výše zmiňovaných sériích byla velmi nízká. Jako nejlepší z těchto 11 sérií byla zvolena série č. 11, jejíž spojovací parametry (viz Tabulka 10) byly obecně nejvyšší ze všech ostatních sérií pojených stejným kolečkem. Průměrná pevnost Fp této série byla 51,51 N/5cm.

I když byla tato série vzorků vybrána jako nejlepší ze sérií pojených spojovacím kolečkem „B“, není její pevnost, dostačující. Firma Johnson Controls požaduje u svých spojů pevnost 320 N/5cm.

Dalším problémem, kromě nízké pevnosti spoje, byla vysoká hodnota variačního koeficientu ve všech sériích. Vzhledem k tomu, že nebylo možné zvýšit výkon stroje (následkem bylo pálení materiálu), a při zvýšení tlaku se také snížila kvalita spojů, cesta ke snížení hodnoty variačního koeficientu by zřejmě vedla jediné prostřednictvím snížení podávací rychlosti. Ta byla u nejlepší série nastavena na 2,7 m/min. Při snížení podávací rychlosti však muselo dojít i ke snížení výkonu, jinak docházelo k pálení materiálu. Tento způsob řešení nijak nezlepšil kvalitu spoje. Snížení podávací rychlosti by navíc pravděpodobně vedlo k výraznému zpomalení průmyslové výroby. I tato hodnota je pro použití ve výrobní lince nízká, vzhledem k tomu, že šicí

stroj šije průměrnou rychlostí 9 m/min. Snížení variačního koeficientu by bylo možné i zvýšením počtu měření. Pravděpodobně ani potom by však hodnota variačního koeficientu nebyla optimální.

Podle vysokých variačních koeficientů usuzují, že je kolečko s 2 mm širokou spojovací plochou nevhodné pro spojování tohoto materiálu.

Vybočující měření - série č. 22:

Na tomto místě je nutné uvést výsledky série č. 22, která doposud nebyla uvedena. Jedná se o sérii 4 vzorků pojených pomocí spojovacího kolečka „B“, jejíž průměrná pevnost F_p byla 193,83 N/5cm (podrobná data z měření spolu se statistickými charakteristikami jsou uvedena v následující tabulce).

Série 22	86/1,5/6 B - 1,6			
číslo vzorku	F_p [N/5cm]	A_p [mm]	F_{max} [N/5cm]	A_{max} [mm]
V1	196,59	12,02	196,59	12,02
V2	213,03	11,85	213,03	11,85
V3	145,79	8,66	145,79	8,66
V4	219,90	10,49	219,9	10,49
průměr	193,83	10,76	193,8275	10,76
s	33,49	1,56	33,5	1,56
v [%]	17,28	14,46	17,28	14,46
95% IS spodní mez	161,01	9,23	161,01	9,23
95% IS horní mez	226,64	12,28	226,64	12,28

Tabulka 11: Průběh měření série č. 22. Vybočující měření. (Parametry spojování jsou udány v pořadí Výkon [%]/ rychlost podávání [m/min]/ tlak [bar] typ kolečka - vzdálenost podávacích koleček [mm])

Tato série nebyla výše uvedena, protože se jedná o velmi vybočující měření. Pro zhotovení této série byl nastaven o 15% vyšší výkon než u série č. 11, vyhodnocené jako nejlepší ze sérií pojených spojovacím kolečkem „B“. Tlak je nastaven na maximum, tedy 6 barů. Mezera mezi podávacími kolečky je 1,6 mm (stejná jako u sérií č. 1 - 11). Toto měření vybočuje svými výsledky, dosažená pevnost spoje je v porovnání s výsledky ostatních sérií pojených kolečkem „B“ velmi vysoká. Tato kombinace spojovacích parametrů byla objevena náhodně. Při další práci v laboratoři se již nepodařilo dosáhnout lepší kvality spoje. Zvýšení výkonu nebylo možné, protože se materiál pálil, stejný výsledek mělo i snížení spojovací rychlosti. Tlak byl nastaven na maximální hodnotě.

Tuto sérii zde uvádím, abych i zde poukázala na vysoký variační koeficient, jehož hodnota byla 17, 28 %.

I přes svou vysokou, vybočující hodnotu pevnosti není tato série řešením, protože hodnoty 320 N/5cm nedosahuje.

Dosažení nízkého variačního koeficientu je pro použití tohoto spojování v průmyslové výrobě velmi důležité. V případě, že by pevnost spoje byla vyhovující, bylo by nutné zajistit stálou kvalitu výroby, což by s takto vysokým variačním koeficientem nebylo možné.

Vzhledem k nedostatečné pevnosti spojů je nutné konstatovat, že nebyly splněny požadavky firmy Johnson Controls na kvalitu spoje.

S ohledem na vysoké hodnoty variačních koeficientů vypočítaných u výše zmíněných sérií usuzuji, že kolečko s hladkou spojovací plochou, 2 mm širokou není vhodné pro spojování tohoto typu materiálu.

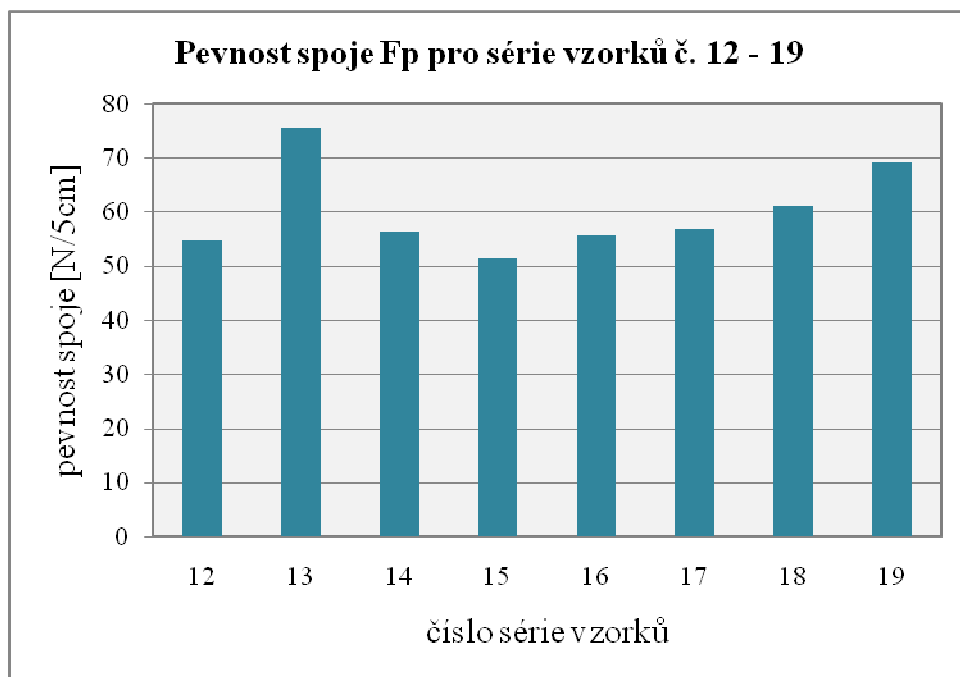
9.2 Spoje zhotovené pomocí spojovacího kolečka „A“

Pomocí kolečka „A“ bylo zhotoveno a následně proměřeno celkem 8 sérií testovacích vzorků. Jedná se o série č. 12 - 19. Přehled spojovacích parametrů těchto sérií, spolu s dosaženou pevností F_p je uveden v následující tabulce.

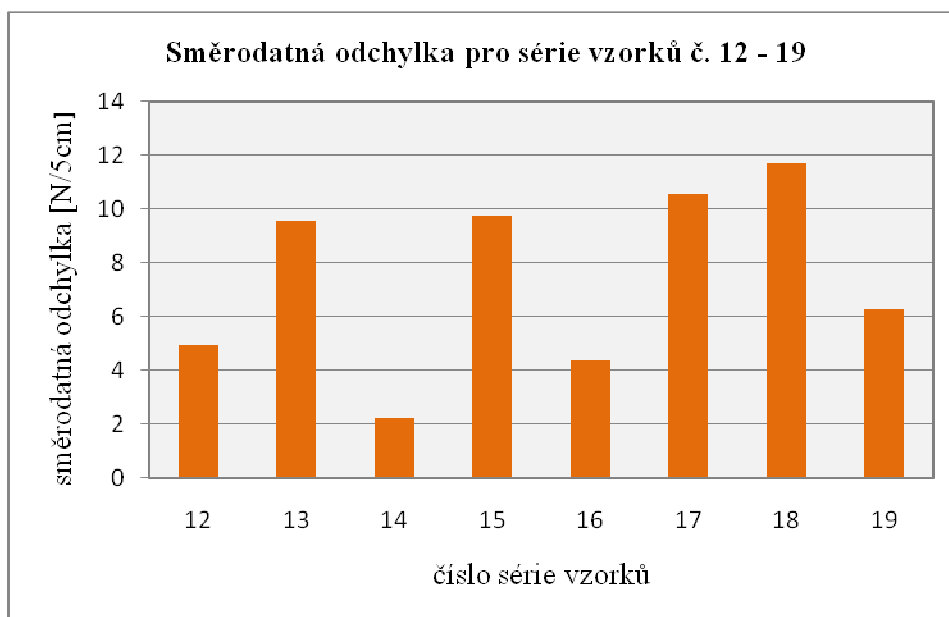
Kolečko "A"				
série	parametry spojování	F_p [N/5cm]	s [N/5cm]	v [%]
12	86/1,5/6 A - 1,6	54,65	4,95	9,06
13	86/1,5/6 A - 0,6	75,58	9,56	12,65
14	86/2,5/6 A - 0,6	56,33	2,23	3,96
15	86/2,5/6 A - 0,8	51,4	9,75	18,97
16	90/2,5/6 A - 0,8	55,63	4,39	7,89
17	96/2,5/6 A - 0,8	56,88	10,58	18,61
18	100/2,5/6 A - 0,8	61,02	11,7	19,18
19	100/2,0/6 A - 0,8	69,16	6,27	9,07

Tabulka 12: Přehled výsledků měření sérií č. 12 - 19. (Parametry spojování jsou udány v pořadí Výkon [%]/ rychlost podávání [m/min]/ tlak [bar] typ kolečka - vzdálenost podávacích koleček [mm])

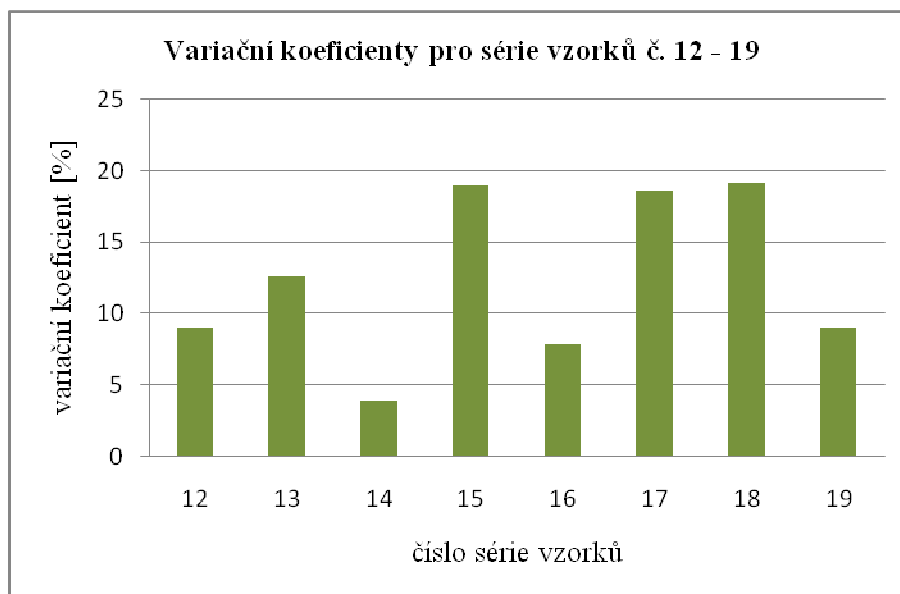
V následujících grafech jsou uvedeny hodnoty síly F_p jednotlivých sérií č. 12 - 19, dále odpovídající směrodatné odchylky a variační koeficienty vypočítané z těchto dat.



Graf 9: Průměrná pevnost F_p [N/5cm] pro jednotlivé série vzorků č. 12 - 19.



Graf 10: Směrodatné odchylky získané statistickým zpracováním dat sérií č. 12 - 19.



Graf 11: Variační koeficienty [%] získané zpracováním dat naměřených v sériích testovacích vzorků číslo 12 - 19.

Vyhodnocení nejlepší série pojené kolečkem „A“:

Podle předešlých grafů je možné vyhodnotit nejlepší z těchto 8 sérií. Nejvyšší pevnost spoje F_p byla dosažena u série č. 13 (viz Graf 9), a to 75,58 N/5cm. U této série je však dosti vysoký variační koeficient pevnosti F_p , rovná se hodnotě 12,65 %.

Série č. 19 má sice nižší pevnost spoje, a to 69,16 N/5cm, ale hodnota jejího variačního koeficientu je pouze 9,07 %. I přes nižší pevnost spoje tedy za kvalitnější považují spoje ze série testovacích vzorků č. 19.

V případě, že by bylo ultrazvukové spojování zavedeno do průmyslové výroby, bylo by zapotřebí dosáhnout nejen dostatečně pevných spojů, ale především zaručit jejich stálou kvalitu. To by nebylo možné v případě, že bude variační koeficient naměřených hodnot příliš vysoký.

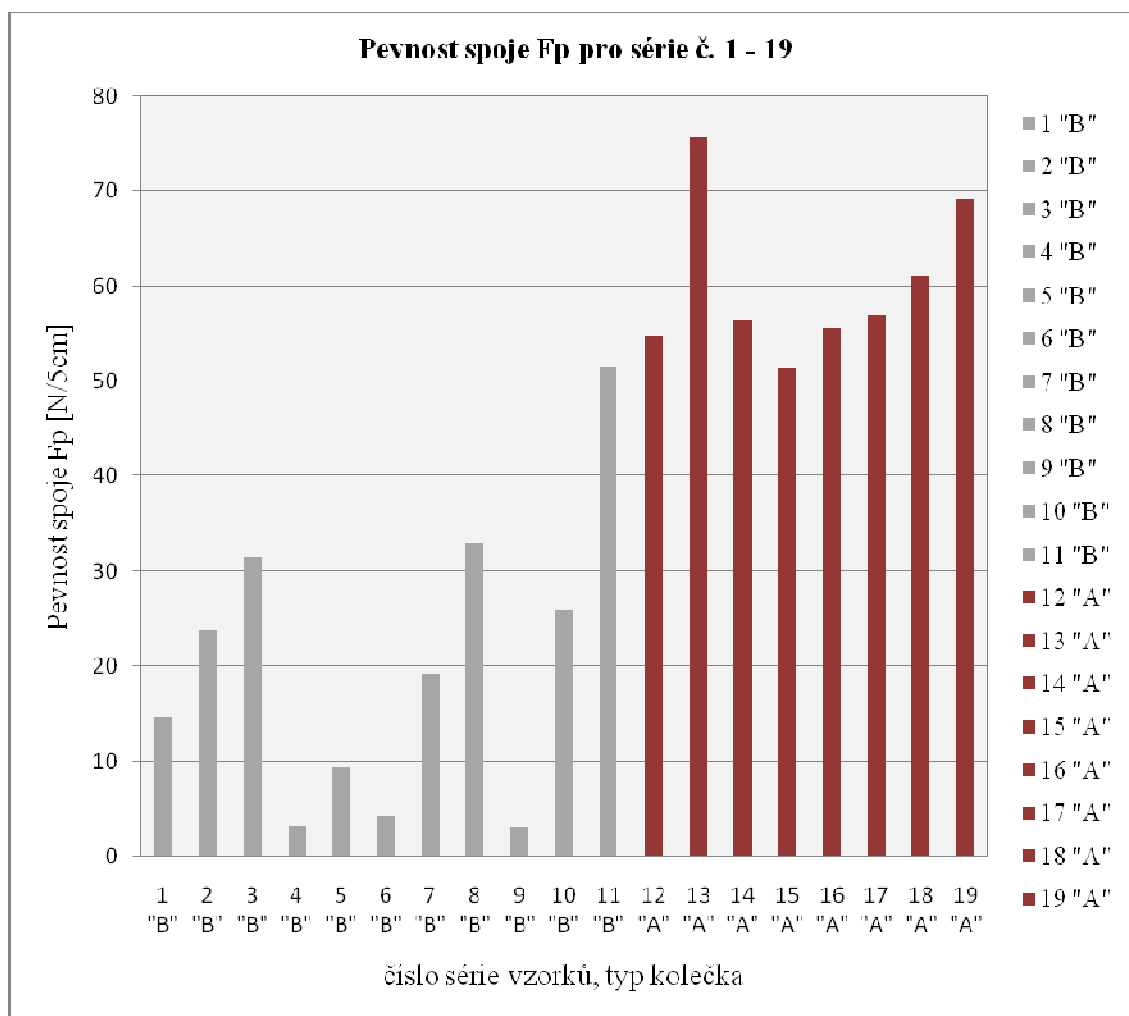
V následujících tabulkách jsou uvedeny parametry spojování sérií č. 13 a 19, spolu s údaji o jednotlivých měřeních a statistické zpracování těchto dat. Průběh zkoušek těchto vzorků je pak uveden v grafech v příloze č. 3.

Série 13	86/1,5/6 A - 0,6			
	Fp [N/5cm]	Ap [mm]	Fmax [N/5cm]	Amax [mm]
V1	80,22	7,68	82,2	8,47
V2	75,32	6,3	75,32	6,3
V3	59,94	6,07	73,78	7,05
V4	77	7,19	86,08	7,9
V5	85,44	8,08	87,36	8,4
průměr	75,58	7,06	80,95	7,62
s	9,56	0,87	6,17	0,93
v [%]	12,65	12,26	7,62	12,23
95% IS spodní mez	67,21	6,30	75,54	6,81
95% IS horní mez	83,96	7,82	86,35	8,44

Série 19	100/2,0/6 A - 0,8			
	Fp [N/5cm]	Ap [mm]	Fmax [N/5cm]	Amax [mm]
V1	71,14	6,6	74,46	6,94
V2	60,98	6,02	68,92	6,64
V3	69,13	6,37	69,76	6,66
V4	78,07	6,85	78,07	6,85
V5	66,49	6,42	68,92	6,64
průměr	69,16	6,45	72,03	6,75
s	6,27	0,31	4,09	0,14
v [%]	9,07	4,74	5,68	2,07
95% IS spodní mez	63,66	6,18	68,44	6,62
95% IS horní mez	74,66	6,72	75,61	6,87

Tabulka 13: Tabulka zaznamenává výsledky měření testovacích vzorků ze série č. 13 a 19. Série č. 13 měla nejlepší pevnost spoje Fp, za nejlepší sérii pojenou kolečkem „A“ byla určena série č. 19, která měla nižší variační koeficient. (Parametry spojování jsou udány v pořadí Výkon [%]/ rychlost podávání [m/min]/ tlak [bar] typ kolečka - vzdálenost podávacích koleček [mm])

Pevnost spojů těchto 8 sérií vzorků byla obecně mnohem vyšší než u sérií pojených kolečkem „B“. V porovnání se sériemi č. 1 - 11 jsou tyto výsledky mnohem lepší. V následujícím grafu jsou uvedeny průměrné hodnoty pevnosti F_p sérií č. 1 - 19.



Graf 12: Pevnost spoje F_p sérií č. 1 - 19. Série pojené různým kolečkem jsou barevně odlišeny. (Šedá kolečko „B“, červená kolečko „A“.)

Série testovacích vzorků pojené pomocí kolečka „A“ se liší od sérií pojených kolečkem „B“ ještě v jednom zásadním bodu. Je to velikost variačních koeficientů jednotlivých sérií. Zatímco u sérií č. 1 - 11 je průměrná hodnota variačního koeficientu 47,07 %, pro série 12 - 19 má průměrný variační koeficient hodnotu 12,42 %.

Vyhodnocení kvality spojů zhotovených kolečkem „A“:

I přesto, že jsou série vzorků pojené kolečkem „A“ kvalitnější, než série vzorků pojené kolečkem „B“, není možné žádný spoj označit jako vyhovující nárokům závodu Johnson Controls. Série č. 19, která byla zvolena za nejlepší z této skupiny má pevnost spoje pouze 69,16 N/5cm, zatímco firma nárokuje pevnost spoje 320 N/5cm.

Vzhledem k tomu, že u série č. 19 bylo použito nejvyššího možného výkonu pracovního nástroje (100%) a nejvyššího tlaku (6 barů), je nepravděpodobné, že by mohlo být dosaženo požadované pevnosti spoje. Jedinou možností pro zvýšení pevnosti by bylo snížení podávací rychlosti, která byla v právě zmiňovaném případě nastavena na hodnotu 2 m/min. Pokud tuto rychlost porovnáme s průměrnou rychlostí šicího stroje, která je 9 m/min (uvažujeme průměrných 3000 ot/min a délku stehu 3 mm), nevypadá vhodně rychlost podávání ještě snížit. Takto malá rychlost by s největší pravděpodobností nebyla vhodná pro průmyslové využití stroje. V případě, že by byla rychlost přece jen snížena, bylo by zapotřebí snížit i výkon, aby nedošlo ke spálení materiálu. V tomto případě by zřejmě nebyl nárůst pevnosti tak masivní, aby zvýšil kvalitu spoje na požadovanou hodnotu.

Vzhledem k výše uvedeným skutečnostem je tedy nutné konstatovat, že nebylo dosaženo potřebné kvality spoje, kterou požaduje závod Johnson Controls Česká Lípa.

9.3 Spoje zhotovené pomocí spojovacího kolečka „C“

Pomocí kolečka, které je 5 mm široké texturované do tvaru mřížky (kolečko „C“) byly zhotoveny pouze dvě série vzorků, a to série č. 20 a 21. Výsledky měření těchto sérií spolu s parametry spojování a statistickým zpracováním těchto dat jsou uvedeny v následující tabulce.

Kolečko "C"				
série	parametry spojování	Fp [N/5cm]	s [N/5cm]	v [%]
20	90/1,5/6 C - 1,6	48,88	20,32	77,41
21	90/1,5/6 C - 1,6	33,80	43,55	89,09

Tabulka 14: Výsledky měření sérií č. 20 a 21. (Parametry spojování jsou udány v pořadí Výkon [%]/ rychlost podávání [m/min]/ tlak [bar] typ kolečka - vzdálenost podávacích koleček [mm])

Data naměřená na jednotlivých vzorcích z těchto sérií jsou uvedena v příloze č. 2. V příloze č. 3 jsou průběhy pevnostních zkoušek zaznamenány graficky.

Vyhodnocení kvality spojů zhotovených pomocí spojovacího kolečka „C“:

Pomocí tohoto typu spojovacího kolečka bylo dosaženo dosti nekvalitních spojů. Pevnost spoje F_p [N/5cm] je v obou případech nízká. O špatné kvalitě vypovídají i vypočtené hodnoty variačních koeficientů. I když se spoje původně zdály být, po optickém přezkoumání, kvalitní, pevnostní zkouška toto zdání vyvrátila. Při další práci na stroji Pfaff 8310-043 se nepovedlo kvalitu těchto spojů zlepšit. Nebylo nalezeno optimální nastavení spojovacích parametrů, pomocí kterých by došlo k uspokojivému výsledku.

Při zvyšování výkonu docházelo ke spálení materiálu, tlak již byl nastaven na maximální hodnotu a snížení rychlosti by nebylo výhodné pro případné použití ve výrobní lince. Mimo to bylo při snížení rychlosti snížit i výkon, nebo tlak. Takto nedocházelo ke zvyšování pevnosti spoje.

9.4 Rekapitulace výsledků

V průběhu celého experimentu se nepovedlo nalézt optimální parametry spojování zadaného materiálu tak, aby byl vytvořen spoj požadované pevnosti.

Bylo proměřeno celkem 22 sérií vzorků, ale i přes snahy měnit všechny možné parametry spojování, ani u jedné z těchto sérií nebylo dosaženo uspokojivého výsledku.

Celkem byla použita 3 spojovací kolečka. U každého z těchto koleček byl hledán optimální vztah mezi vzdáleností podávacích koleček [mm], výkonem [%], rychlostí [m/min] a tlakem [bar]. Při snaze zvýšit pevnost prostřednictvím zvýšení výkonu vždy došlo ke spálení materiálu, při zvyšování tlaku došlo často k poškození pleteniny na rubní straně. Pokud se zvýšila rychlost podávání, aby se tak zabránilo spálení materiálu vlivem vyššího výkonu, byl spoj nerovnoměrný.

Ultrazvukové spojování se běžně používá ke spojování textilií v mnoha firmách působících v oblasti oděvních i technických konfekcí. Takto však bývají spojovány materiály, které se od materiálu použitého v tomto experimentu liší především svou tloušťkou a stlačitelností. Také nároky na pevnost spoje nejsou u většiny výrobků tak vysoké, jako u potahů automobilových sedadel, které musí v průběhu používání odolávat velmi vysoké statické i dynamické zátěži.

Protože je známo, že se ultrazvuková energie běžně používá pro pojení jiných materiálů, bylo zjišťováno, z jakého důvodu není možné vytvořit kvalitní šev pro tento testovaný materiál.

Tento problém byl konzultován se dvěma odborníky. Nejdříve s obchodním zástupcem společnosti Pfaff, který se zabývá prodejem strojů pro ultrazvukové spojování této značky a jejich zaváděním do výroby. Ten podle svých praktických zkušeností uvedl, že materiály z polyesterových vláken není možné spojovat ultrazvukem, protože při tepelném působení, ke kterému při svařování dochází, polyester degraduje a spoje potom nemají dostatečnou pevnost.

Kvůli tomuto tvrzení byla následně sjednána konzultace s odborníkem na textilní materiály. Ten však tento fakt dementoval s tím, že zahřívání nemůže mít na mechanické vlastnosti polyesteru vliv.

V rámci této diplomové práce nebylo možné dále zjišťovat pravý důvod nízké kvality spojů, a chování polyesteru při tepelném působení, ani to nebylo jejím cílem. Tuto problematiku bych doporučila řešit v rámci jiné diplomové práce, která by odpověděla na otázku, zda při endotermickém svařování polyesteru opravdu dojde k degradaci jeho mechanických vlastností, nebo určila jiný důvod takové kvality spojů, jaká byla dosažena v rámci toho experimentu.

10 Závěr

V rámci této diplomové práce byl proveden experiment, jehož cílem bylo ověřit možnost využití ultrazvukového spojování při výrobě potahů automobilových sedadel v závodu Johnson Controls Česká Lípa.

Na stroji Pfaff 8310-043 pro ultrazvukové spojování textilií byl spojován materiál určený pro výrobu potahů automobilových sedadel. Materiál byl vybrán firmou Johnson Controls (je popsán v příloze č. 1). Na stroji byly měněny parametry spojování (typ spojovacího kolečka, velikost mezery mezi spojovacími kolečky [mm], výkon stroje [%], rychlost podávání materiálu [m/min] a tlak [bar]) a hledána jejich optimální kombinace. V průběhu práce v laboratoři byla použita tři různá spojovací kolečka, pro každé z nich byly měněny ostatní nastavitelné parametry spojování tak, aby bylo dosaženo kvalitního spoje. Vzhledem k vysokému počtu kombinací těchto parametrů byl hledán optimální způsob nastavení stroje velmi zdlouhavě. Nejprve bylo nutné zhotovit velké množství zkušebních vzorků a po jejich optickém přezkoumání byly vybrány některé kombinace parametrů. Při nastavení těchto vybraných kombinací parametrů spojování byly zhotoveny vzorky testovací, u kterých byla měřena pevnost spoje.

V průběhu experimentu nebylo dosaženo spoje odpovídající kvality, jakou nárokuje závod Johnson Controls Česká Lípa, tedy pevnosti 320 N/5cm.

Pevnost spojů, které byly v průběhu experimentu zhotoveny, je pro potřebu této firmy absolutně nevyhovující. Takto nekvalitní spoje by nesnesly namáhání, kterému je vystaven šev potahu automobilového sedadla.

Při experimentu byla testována možnost použití ultrazvukového spojování pro pojení běžných švů. Nebyly zde zahrnuty švy se speciálními parametry, kterými se šijí potahy v místě, kde bude v sedadle umístěn boční airbag. Na tyto švy jsou kladeny velmi zvláštní nároky a technologie jejich hotovení je podstatně složitější, než technologie hotovení švů jiných částí sedadel. O jiném způsobu výroby těchto částí potahů se zde tedy neuvažuje.

Dále je nutné zmínit, že spoje zhotovené ultrazvukovým spojováním, by nebylo možné rozložit a prošívát, protože mají větší tloušťku, než klasické švy. Tímto způsobem je upravena celá řada švů na potahu sedadla. I tato překážka by musela

být zvážena, v případě, že by se dosáhlo takové kvality spoje, aby mohlo být uvažováno o zavedení této nekonvenční metody spojování textilií do výrobní linky v závodu Johnson Controls.

Protože nebylo dosaženo potřebné kvality spoje, neobsahuje tato práce ekonomické vyhodnocení nákupu a zavedení těchto strojů do výrobní linky závodu v České Lípě. Součástí tohoto ekonomického vyhodnocení mělo být i porovnání časové spotřeby při výrobě potahů konvenčním a nekonvenčním způsobem spojování.

Použitá literatura:

- [1] Haas, V.: Oděvní stroje a zařízení, Informatorium, Praha 2000
- [2] Dostalová, M., Křivánková, M.: Základy textilní a oděvní výroby, TUL, Liberec 2004
- [3] Motejl, O.: Stroje a zařízení v oděvní výrobě, SNTL, Praha 1985
- [4] Motejl, V., Tepřík O.: Šicí stroje v oděvní výrobě, SNTL, Praha 1973
- [5] Švehla, Š., Figura, Z.: Ultrazvuk v technologii, Alfa, Bratislava 1984
- [6] Zouharová, J.: Výroba oděvů II, TUL, Liberec 2002
- [7] Marciánová, S.: Studie nekonvenční technologie spojování materiálů pro oděvní výroby, Bakalářská práce, TUL, Liberec 2005
- [8] Veselá, M.: Konfekční zpracování různorodých materiálů, určených pro šití automobilových sedadel, Diplomová práce, TUL, Liberec 2001
- [9] Lizák, P., Militký, J.:Technické textílie, Nadácie pre rozvoj textilného vysokoškolského vzdelávania v Ružomberku, 2002
- [10] MM Průmyslové spektrum, 6/2002, strojírenský měsíčník
<http://www.mmspektrum.com/clanek/vyuziti-ultrazvuku-pri-svarovani-plastu>
[10. 2. 2009]
- [11] materiály firmy Pfaff - návod k obsluze stroje Pfaff 8310
- [12] norma GMW14145, General Motors Worldwide engineering standards, General Motors Corporation 2005
- [13] <http://www.johnsoncontrols.cz/publish/cz/cs.html> [3. 5. 2009]
- [14] http://www.dukcorp.cz/cz/01_01_cz.html [10. 2. 2009]
- [15] <http://www.pfaff-industrial.com> [10. 2. 2009]
- [16] <http://www.svetoutdooru.cz/clanek/?107623-sbohem,-nite?>
webový server Svět outdooru. Sbohem nitě?, Macháček, P. [10. 2. 2009]
- [17] <http://www.telsonic.ch/en/produkte/Trennschweissen/installations.html>
[10. 2. 2009]
- [18] <http://www.ultrazvuk.cz> [10. 2. 2009]
- [19] <http://www.ultrazvukove-svarovani.cz> [10. 2. 2009]
- [20] <http://en.wikipedia.org/wiki/Plastic> [10. 2. 2009]

Příloha č. 1

Rozbor materiálu použitého v experimentu

Rozbor materiálu použitého v experimentu

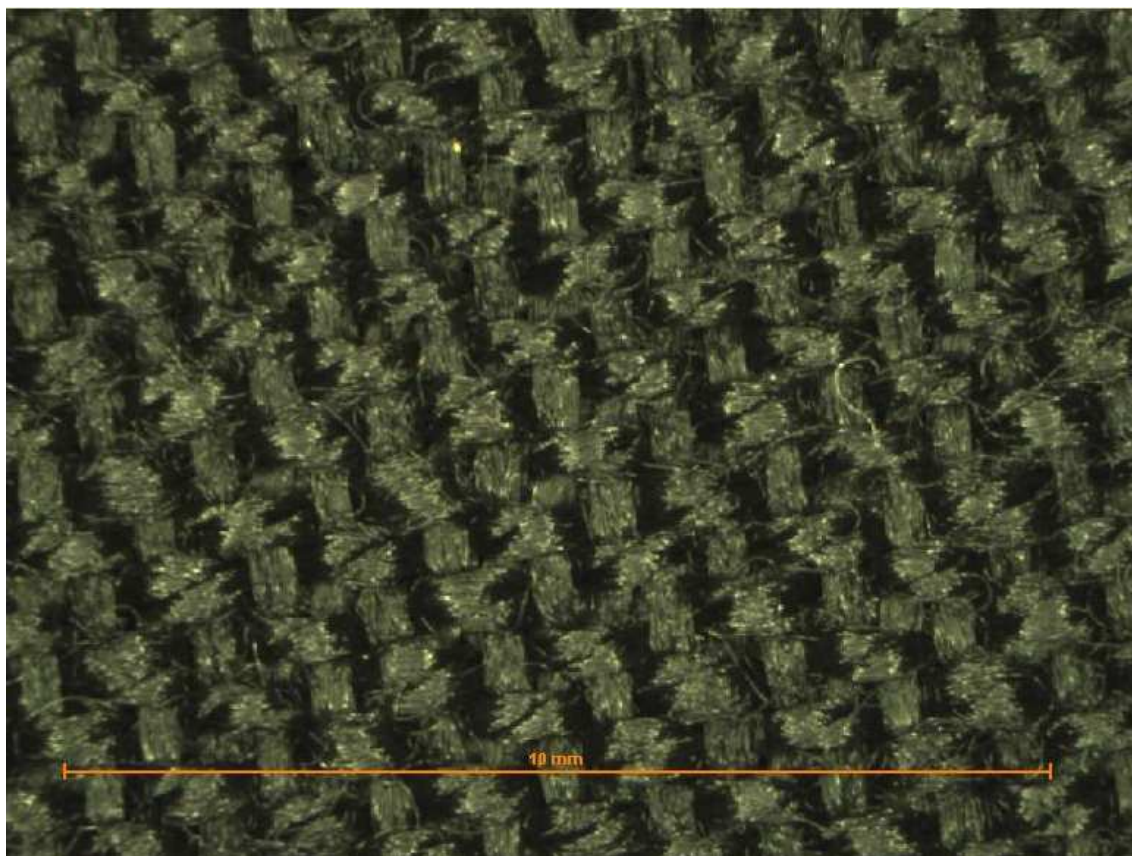
V experimentu byl použit materiál, který pro tento účel vybral závod Johnson Controls Česká Lípa.

Jedná se o sendvičový materiál, složený ze tří vrstev. Horní vrstva je polyesterová tkanina, prostřední vrstvu tvoří polyuretanová pěna a spodní vrstvu osnovní pletenina.

Plošná hmotnost tohoto materiálu je $507,8 \text{ g/m}^2$. Celková tloušťka materiálu je 3 mm.

Tkanina

Tvoří lící stranu textilie použité v experimentu. Je tkaná v jednoduché plátňové vazbě s nekroucených polyesterových přízí (příze jsou tvořeny polyesterovým monofilem). Barva textilie je černá. Dostava osnovy je 17 nití/10 mm, dostava útku 25 nití/10 mm. Detail této tkaniny je na následujícím obrázku.

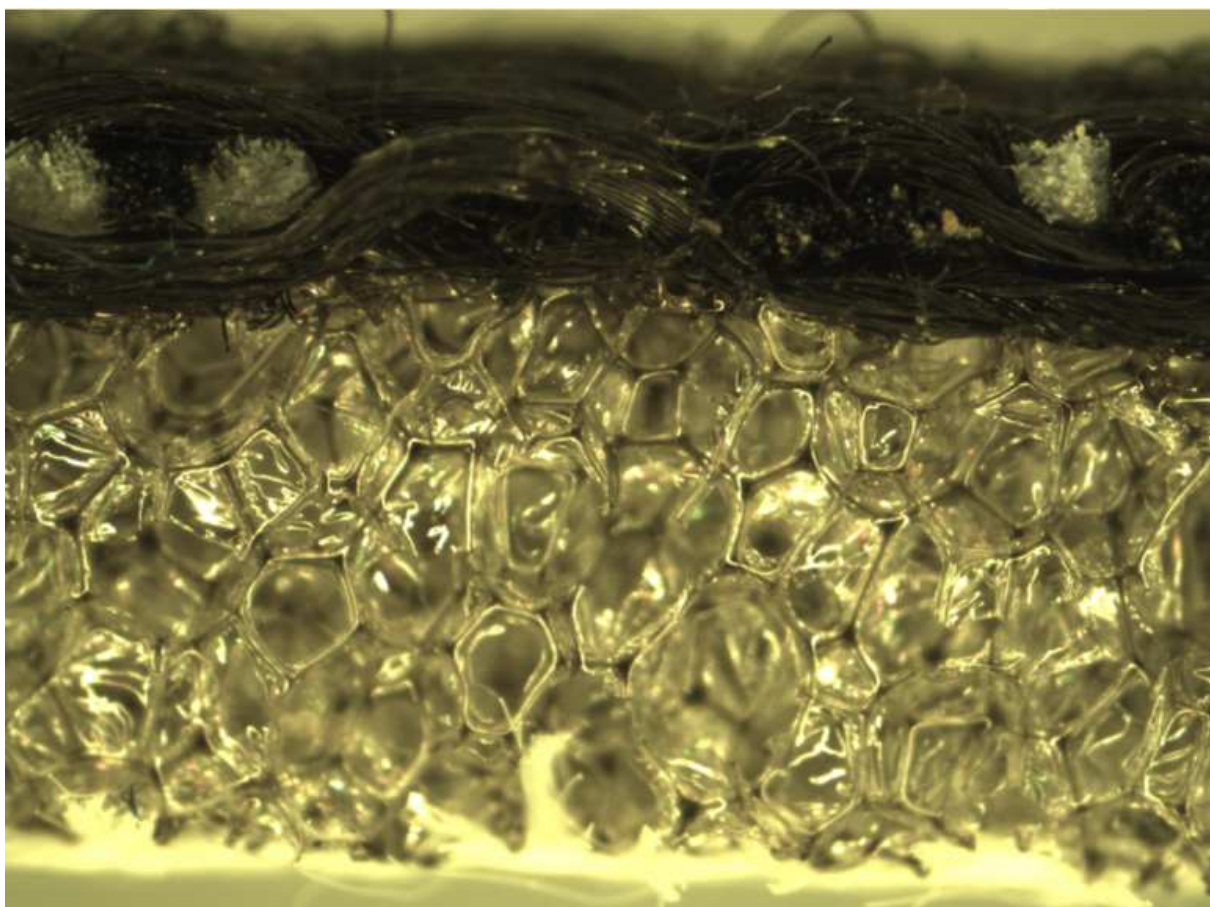


Obr. 1: Lící strana materiálu použitého v experimentu diplomové práce.

Složení materiálu nebylo oficiálně doloženo firmou, proto byla provedena termická analýza na přístroji DSC 6, na Katedře textilních materiálů. Po zjištění teploty tání materiálu bylo potvrzeno, že se jedná skutečně o polyester. Průměrná teplota tání toho materiálu byla 253,54 °C. Tento výsledek byl získán ze tří měření. Záznamy z těchto měření jsou přiloženy na konci této přílohy.

Polyuretanová pěna

Další vrstvou pod tkanou textilií je polyuretanová pěna o tloušťce 3mm. Ta je dobře patrná na následujícím obrázku.

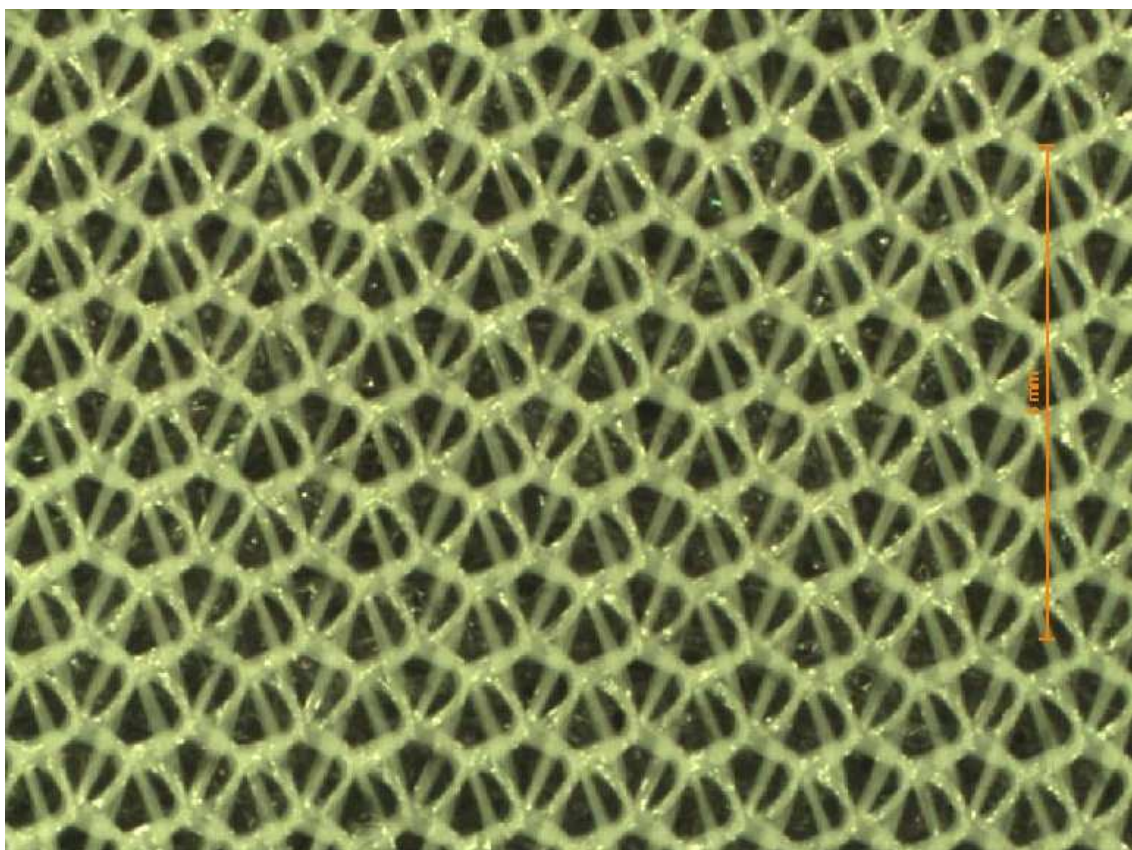


Obr. 2: Zobrazení průřezu textilie.

Pletenina

Pleteninou je tvořena rubová strana této sendvičové textilie. Je v rubu umístěna, aby se docílilo snížení tření mezi potahem sedadla a materiálem sedáku (nejčastěji polyuretanová pěna).

Jedná se o osnovní pleteninu s počtem řádků 9/10 mm a počtem sloupků 11/10 mm. Pletenina je také polyesterová, stejně jako tkanina, s nekroucené příze (družený monofil). Její detail je na následujícím obrázku.

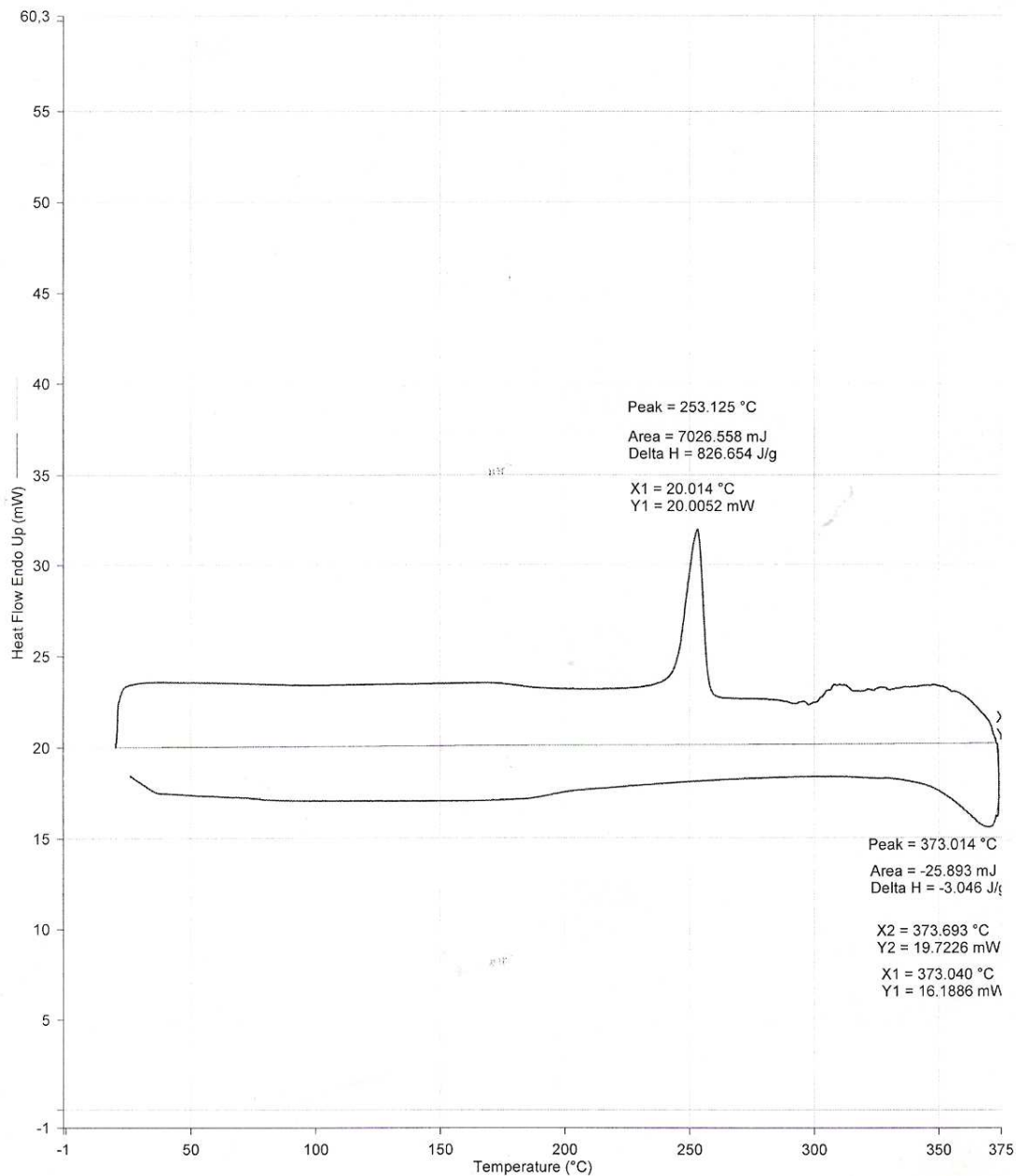


Obr 3: Detail pleteniny na rubní straně textilie.

Příloha č. 1

Filename:	C:\PE\Pyris\Data\Va...rihoskova 1.d6d	vyorek 1: rihoskova 1
Operator ID:	VK	Unsubtracted Heat Flow Endo Up (mW) : Steps: 1-3
Sample ID:	vyorek 1	vyorek 1: rihoskova 1
Sample Weight:	8.500 mg	Heat Flow Endo Up (mW) : Steps: 1-2
Comment:		vyorek 1: rihoskova 1
		Heat Flow Endo Up (mW) : Step: 1
		vyorek 1: rihoskova 1
		Heat Flow Endo Up (mW) : Step: 3

Perkin-Elmer Thermal Analysis

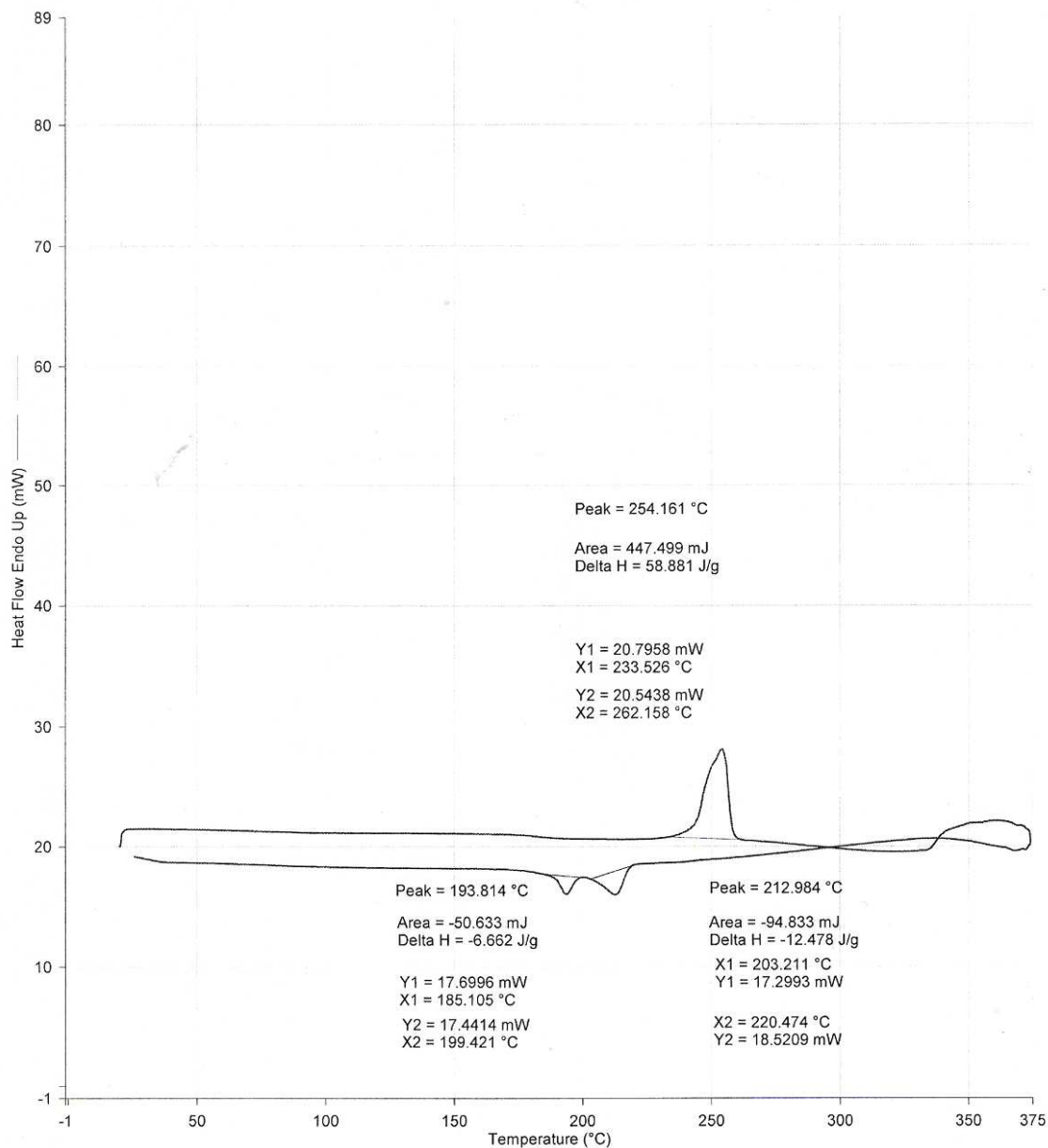


1) Hold for 2.0 min at 20.00°C	3) Cool from 375.00°C to 20.00°C at 10.00°C/min	21.5.2009 10:12:24
2) Heat from 20.00°C to 375.00°C at 10.00°C/min		

Příloha č. 1

Filename:	C:\PE\Pyr...\rihoskova2 only black.d6d	vyorek 1 jenom black: rihoskova2 only black
Operator ID:	VK	Unsubtracted Heat Flow Endo Up (mW) : Steps: 1-3
Sample ID:	vyorek 1 jenom black	vyorek 1 jenom black: rihoskova2 only black
Sample Weight:	7.600 mg	Heat Flow Endo Up (mW) : Step: 1
Comment:		vyorek 1 jenom black: rihoskova2 only black
		Heat Flow Endo Up (mW) : Step: 3
		vyorek 1 jenom black: rihoskova2 only black
		Heat Flow Endo Up (mW) : Steps: 1-2
		vyorek 1 jenom black: rihoskova2 only black
		Heat Flow Endo Up (mW) : Step: 1
		vyorek 1 jenom black: rihoskova2 only black
		Heat Flow Endo Up (mW) : Step: 3

Perkin-Elmer Thermal Analysis

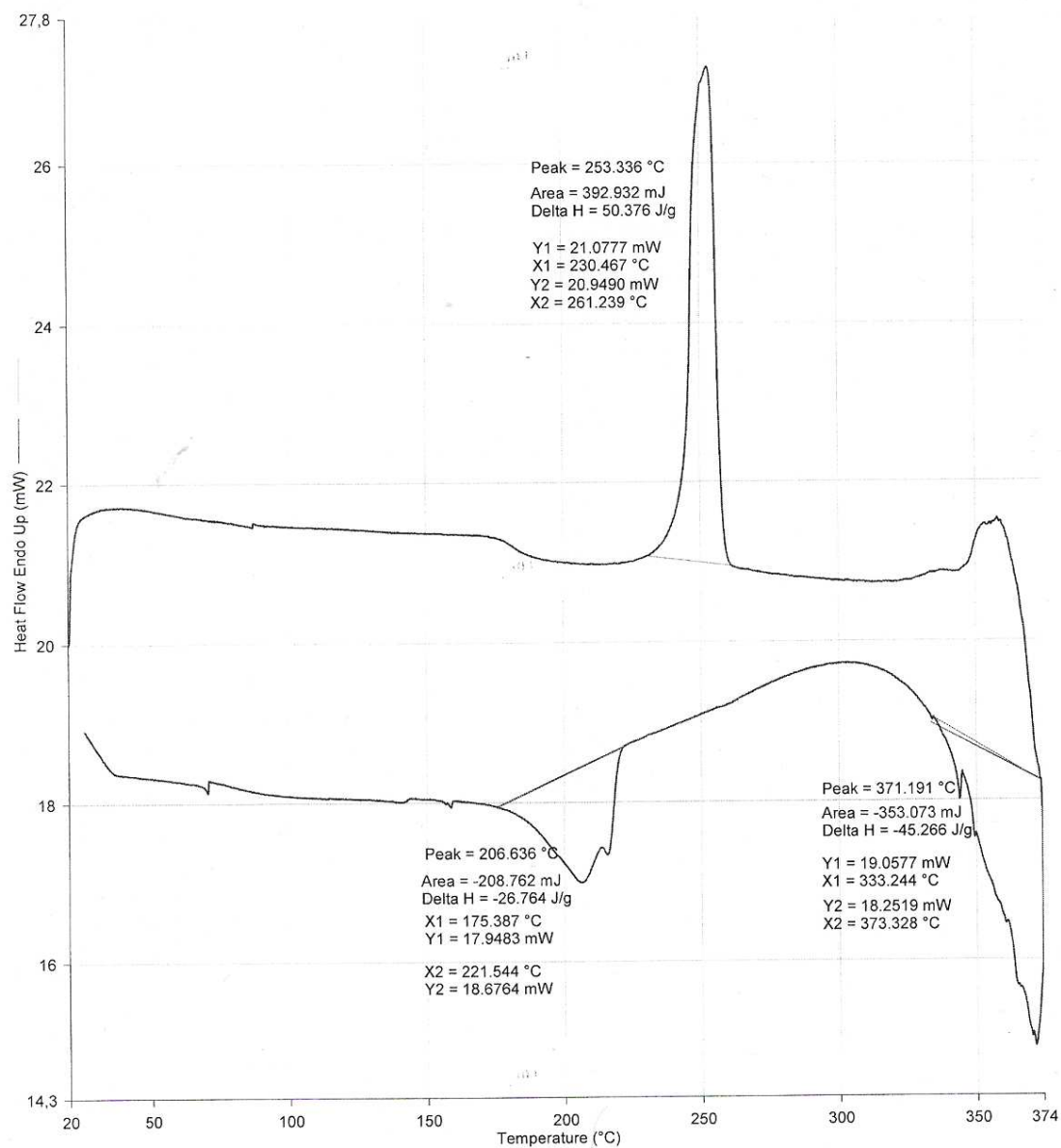


1) Hold for 2.0 min at 20.00°C	3) Cool from 375.00°C to 20.00°C at 10.00°C/min	21.5.2009 10:37:21
2) Heat from 20.00°C to 375.00°C at 10.00°C/min		

Příloha č. 1

Filename:	C:\PE\Py...rihoskova 3 only black.d6d	black 03: rihoskova 3 only black
Operator ID:	rubalsingh	Unsubtracted Heat Flow Endo Up (mW) : Steps: 1-3
Sample ID:	black 03	black 03: rihoskova 3 only black
Sample Weight:	7.800 mg	Heat Flow Endo Up (mW) : Step: 1
Comment:		black 03: rihoskova 3 only black
		Heat Flow Endo Up (mW) : Step: 3
		black 03: rihoskova 3 only black
		Heat Flow Endo Up (mW) : Steps: 1-2
		black 03: rihoskova 3 only black
		Heat Flow Endo Up (mW) : Step: 1
		black 03: rihoskova 3 only black
		Heat Flow Endo Up (mW) : Step: 3

Perkin-Elmer Thermal Analysis



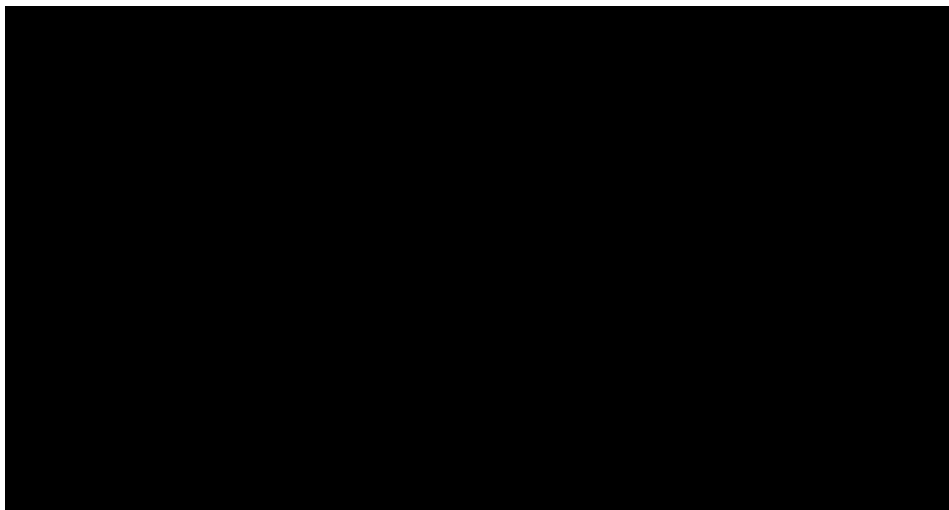
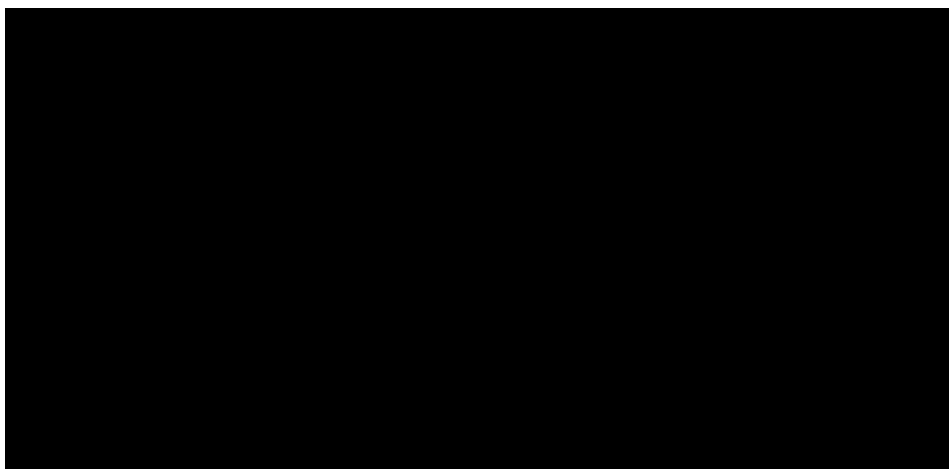
1) Hold for 2.0 min at 20.00°C	3) Cool from 375.00°C to 20.00°C at 10.00°C/min	21.5.2009 10:40:42
2) Heat from 20.00°C to 375.00°C at 10.00°C/min		

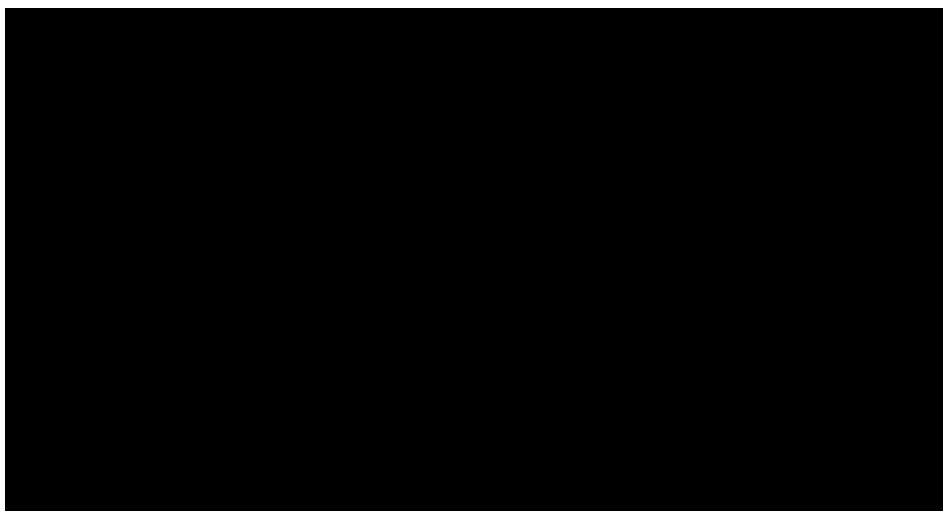
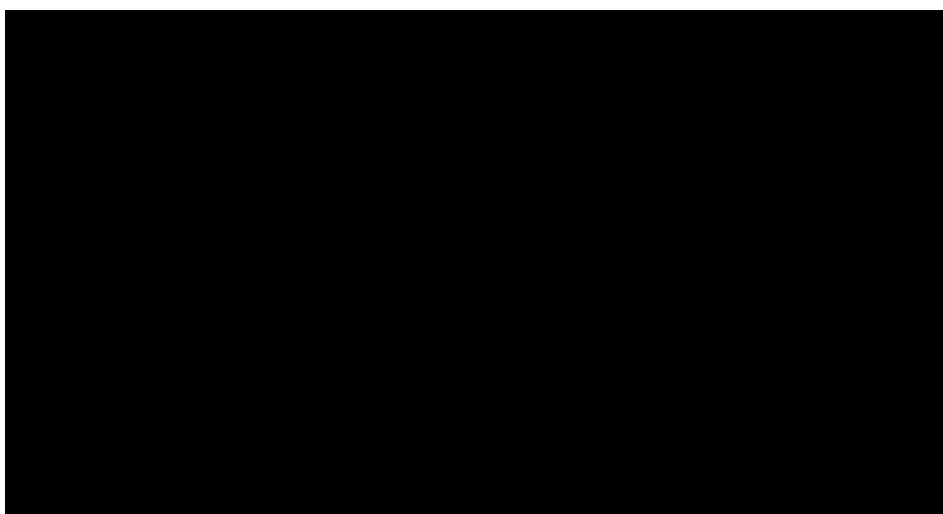
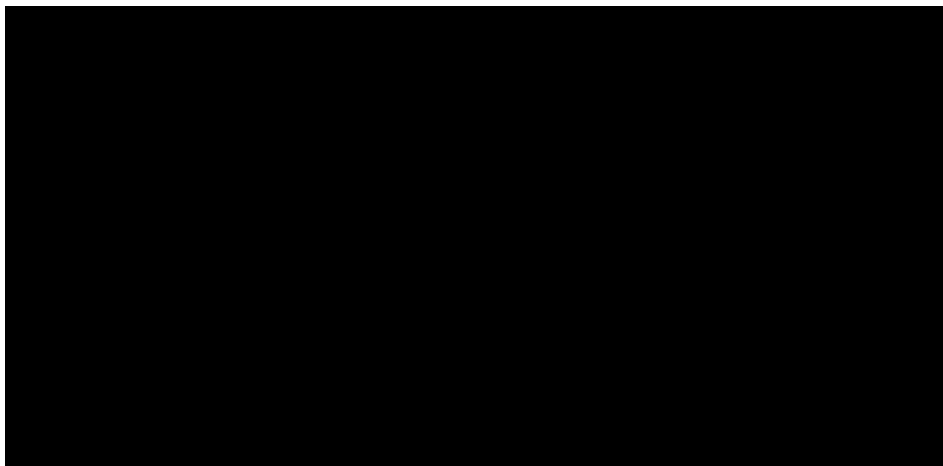
Příloha č. 2

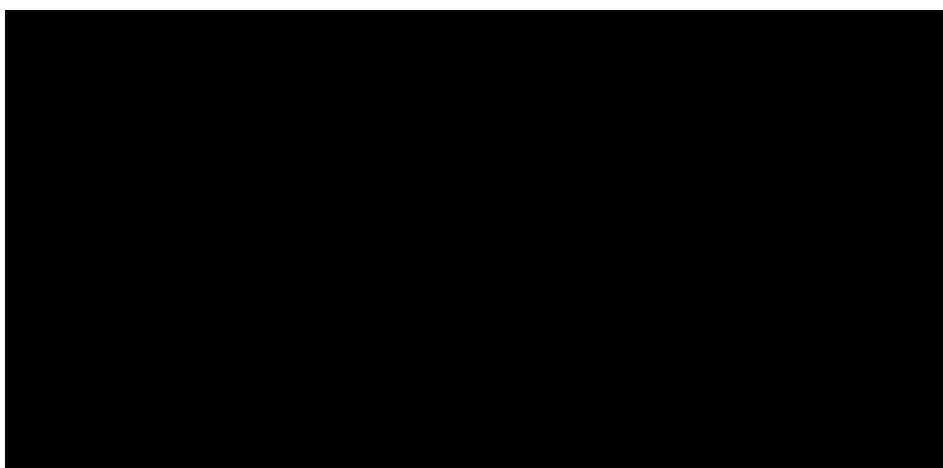
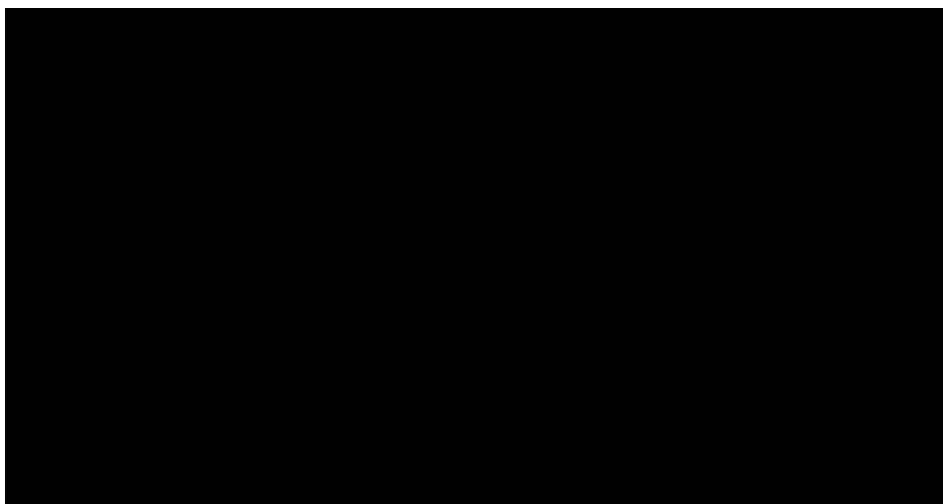
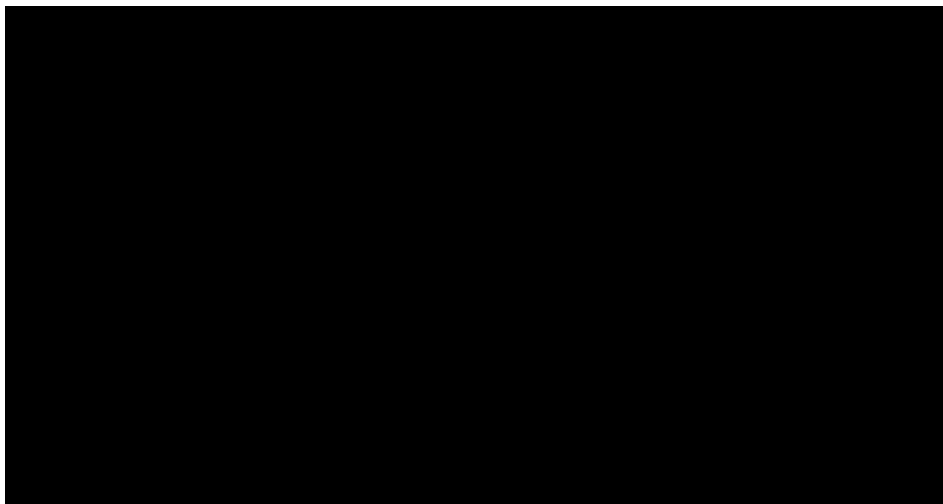
Výsledky měření pevnosti spojů

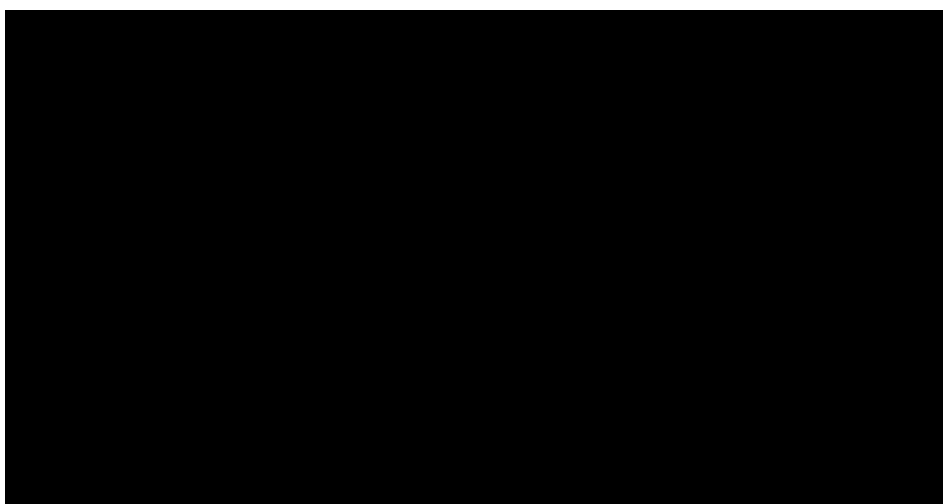
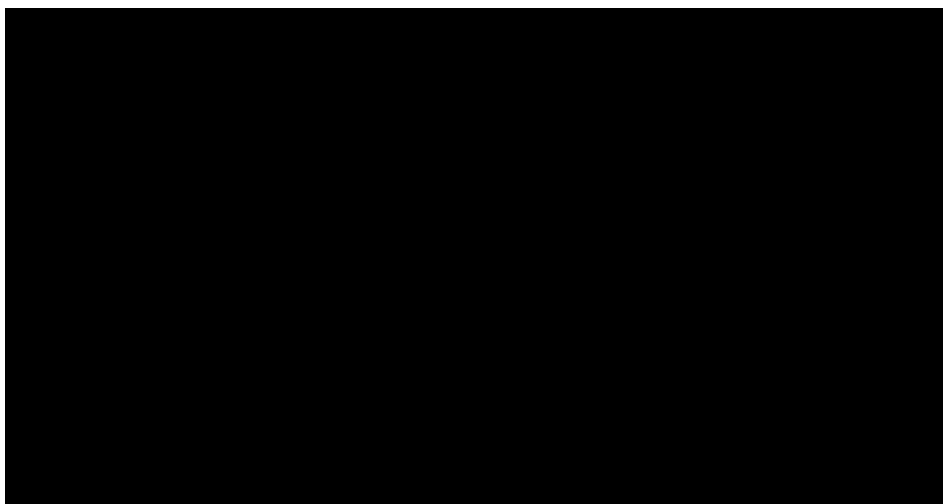
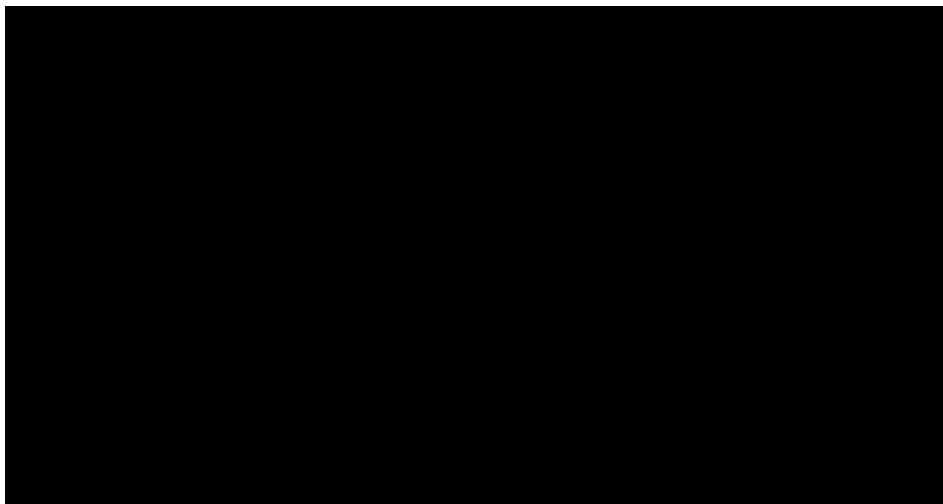
Příloha č. 2

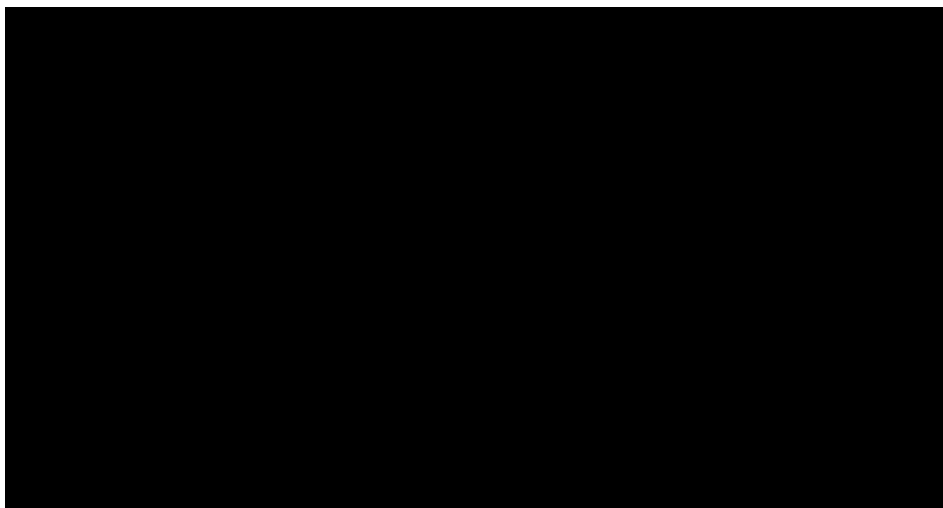
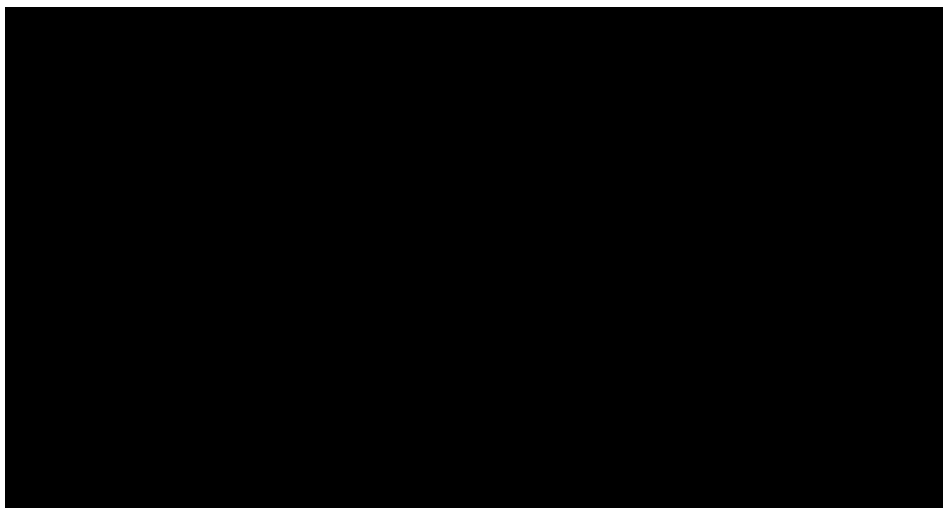
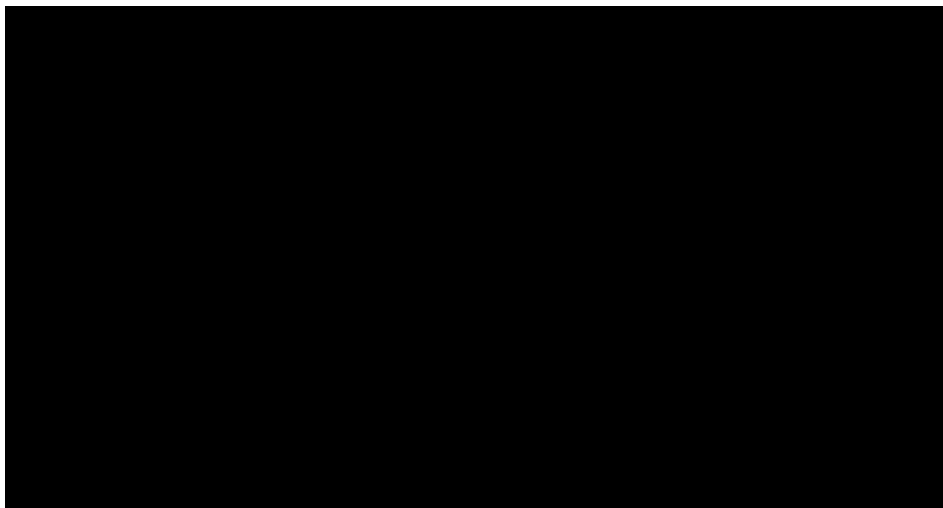
Série 1	67/2,5/1,5 B-1,6			
	Fp [N/5cm]	Ap [mm]	Fmax [N/5cm]	Amax [mm]
V1	19,62	3,03	19,62	3,03
V2	15,85	3,82	15,85	3,82
V3	15,18	2,87	15,18	2,87
V4	8,12	2,12	8,71	8,37
průměr	14,69	2,96	14,84	4,52
s	4,80	0,70	4,5	2,60
v [%]	32,65	23,55	30,53	57,45
95% IS sp.m	9,99	2,28	10,40	1,98
95% IS h.m	19,39	3,64	19,28	7,07

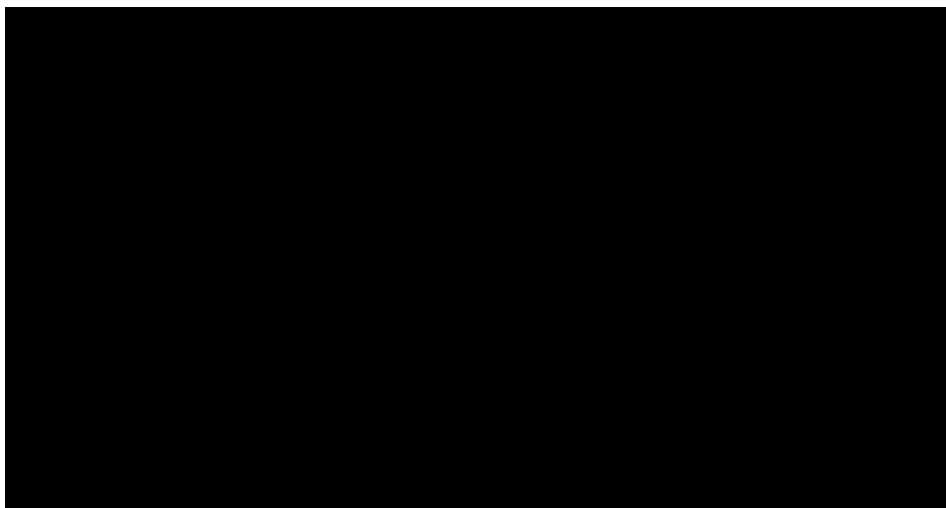
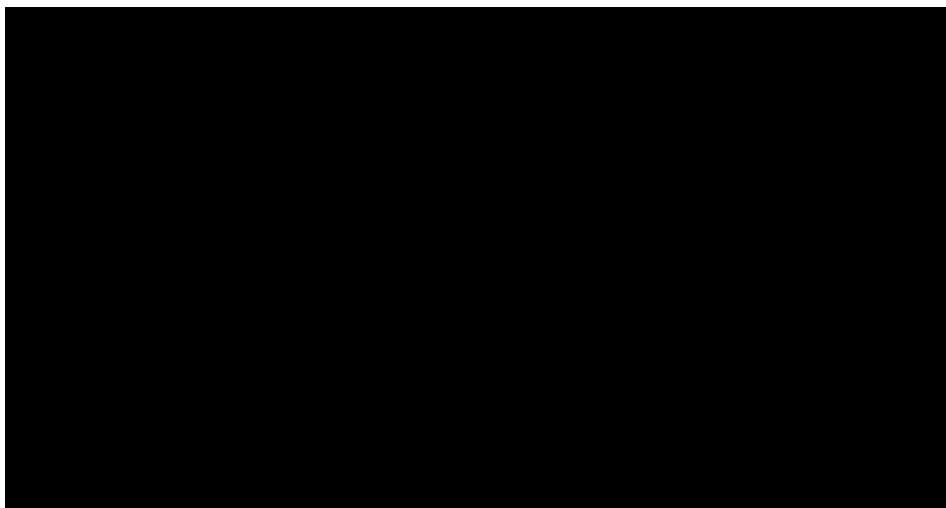
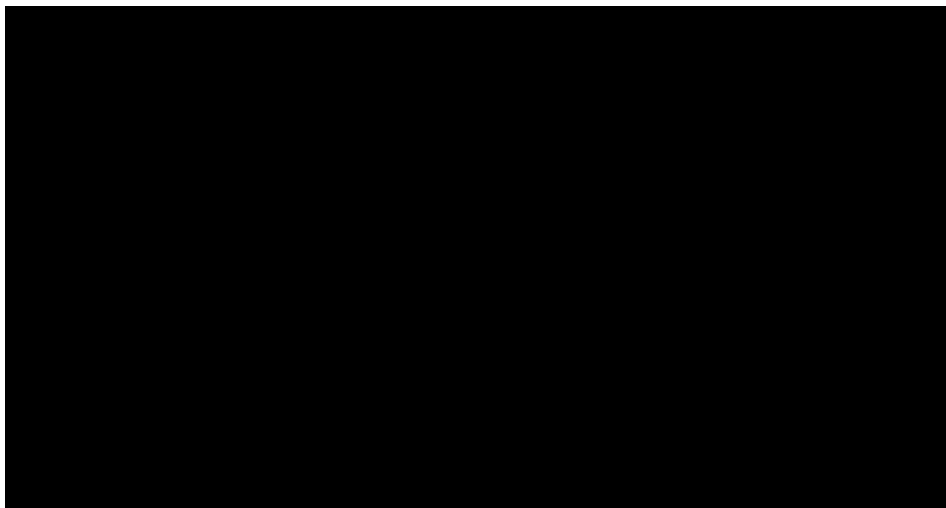


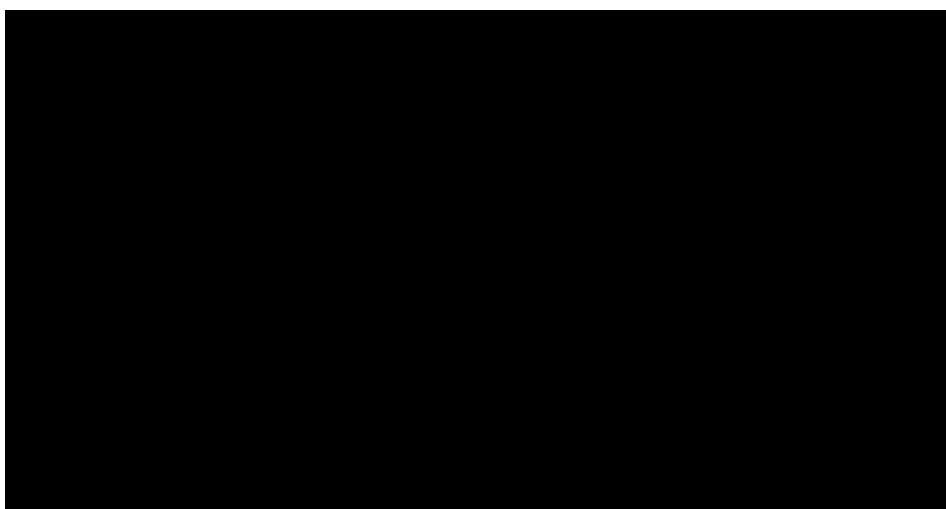
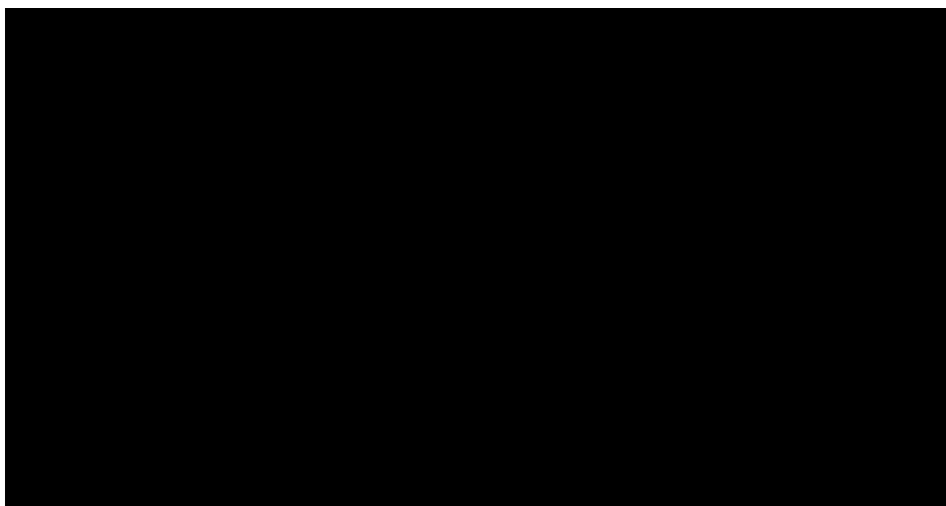
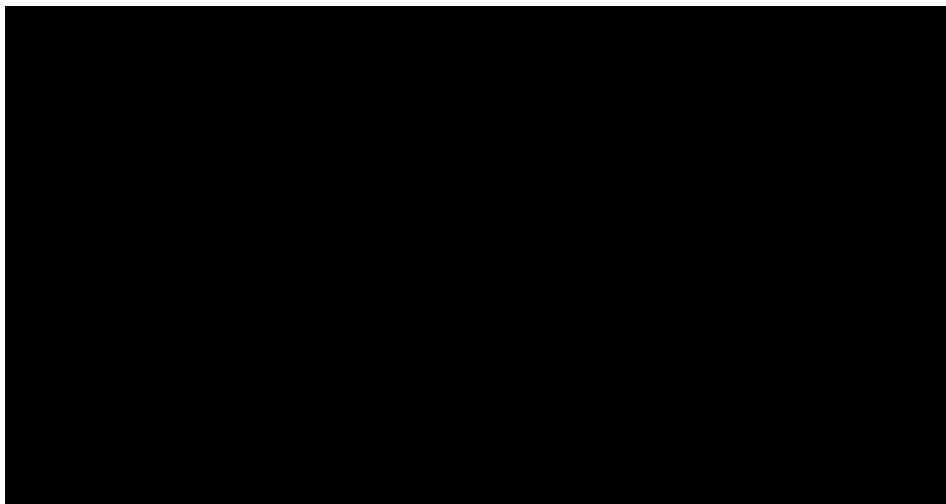


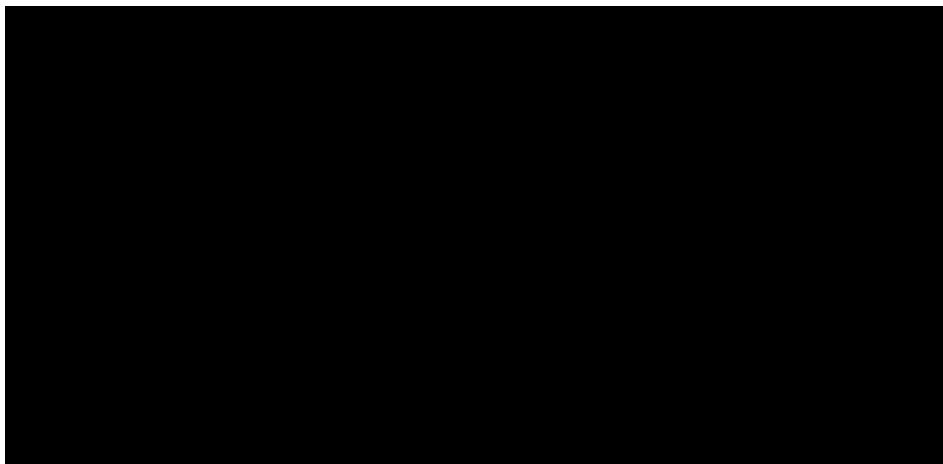








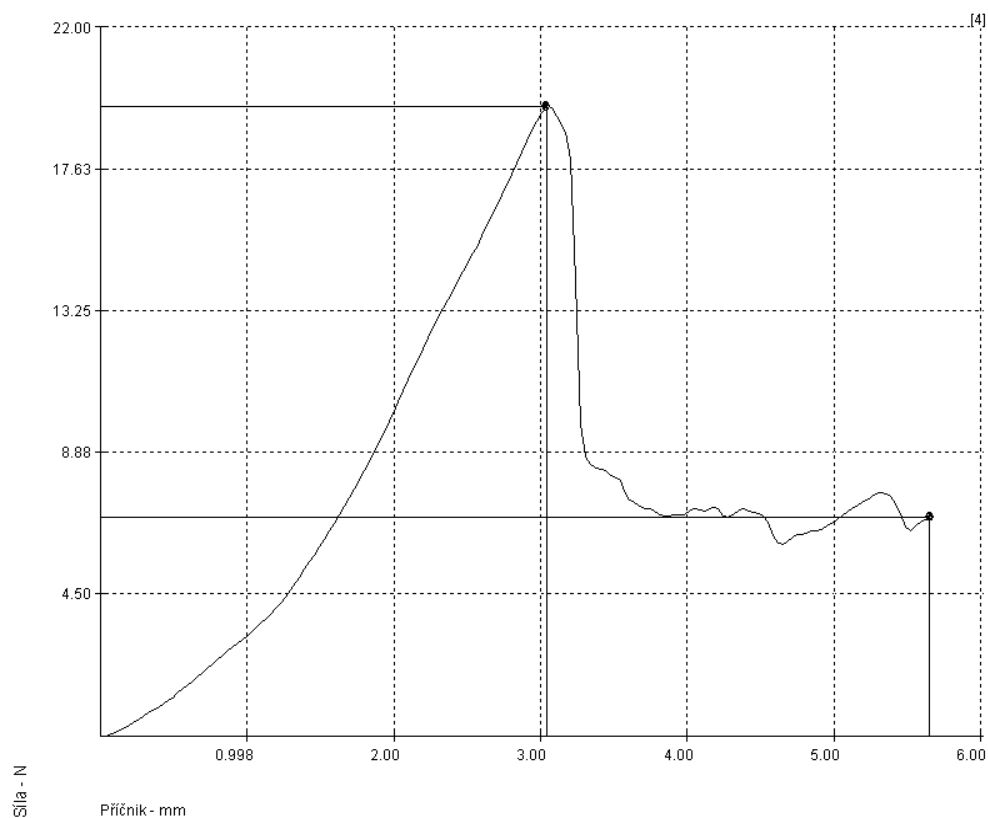




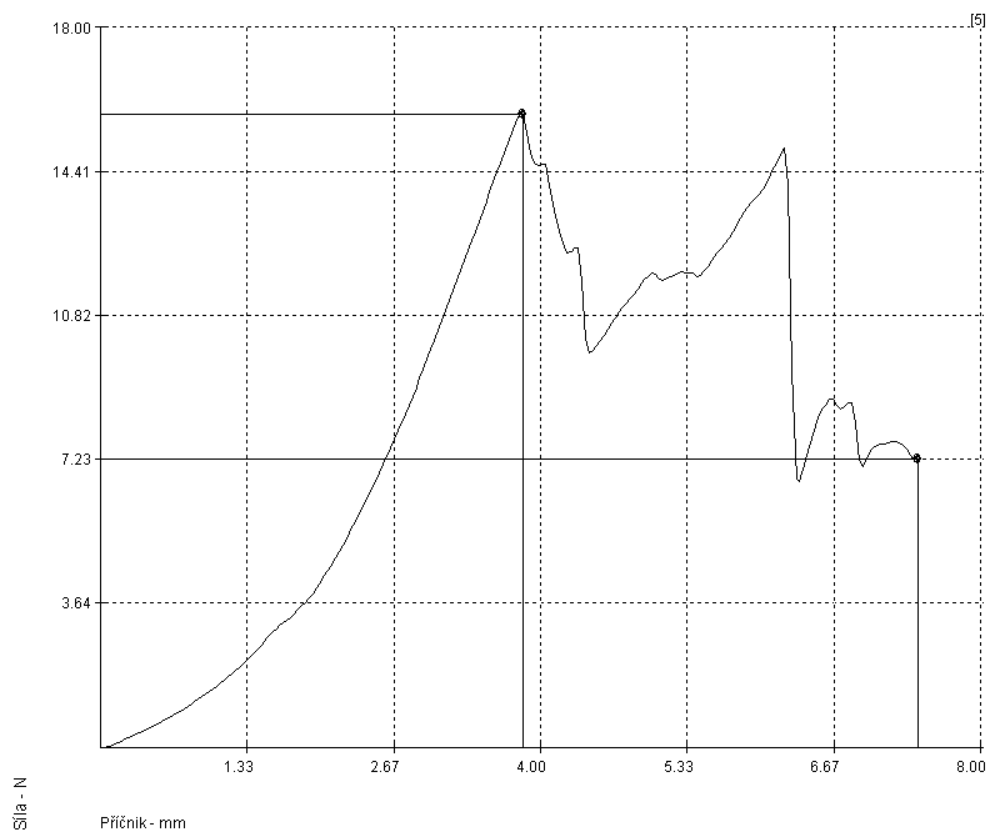
Příloha č. 3

Průběh zkoušek pevnosti spojů - grafy

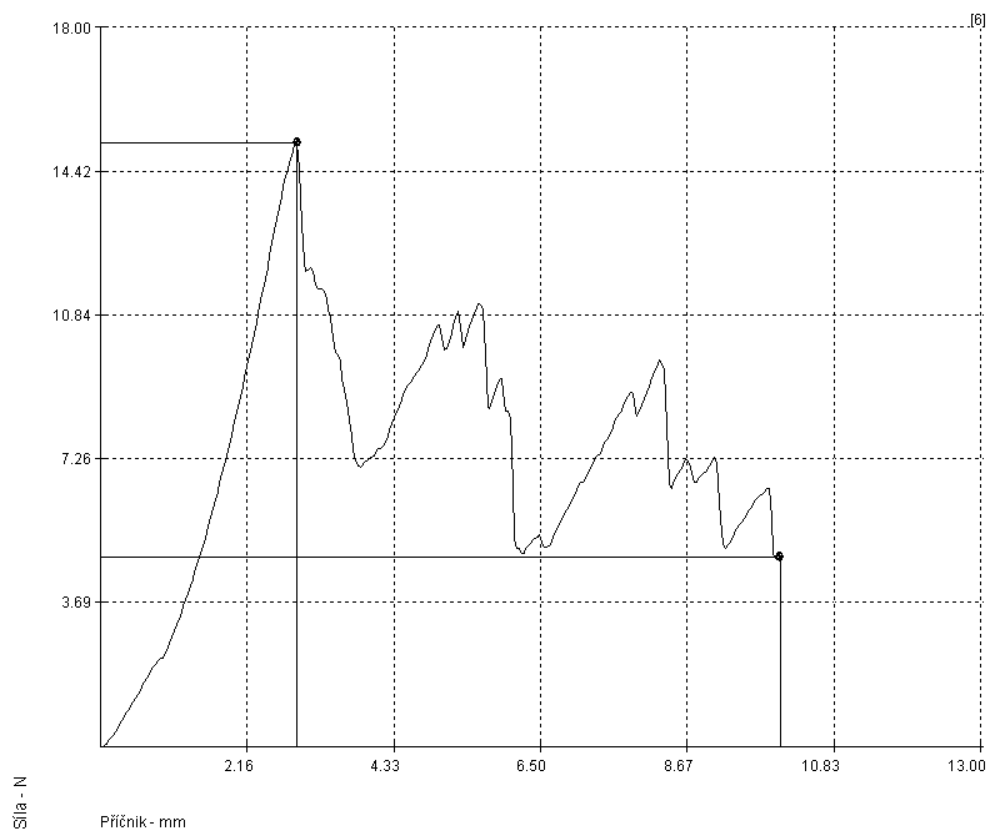
Příloha č. 3



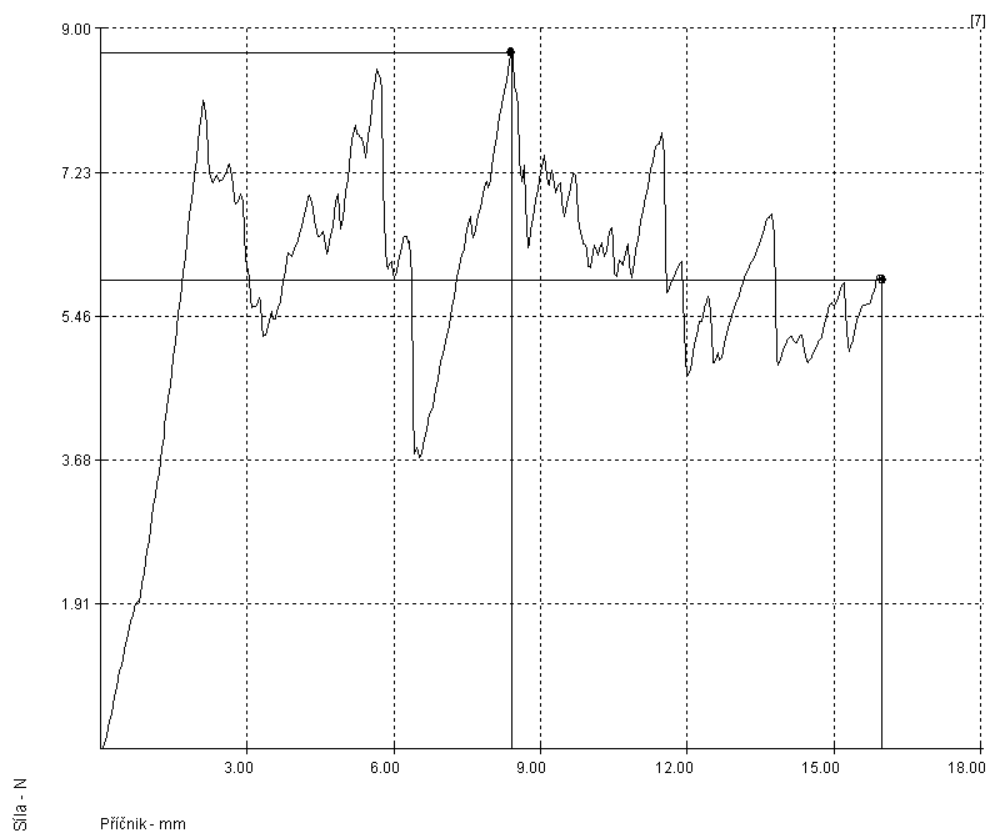
Graf 13: Série 1, vzorek 1



Graf 14: Série 1, vzorek 2

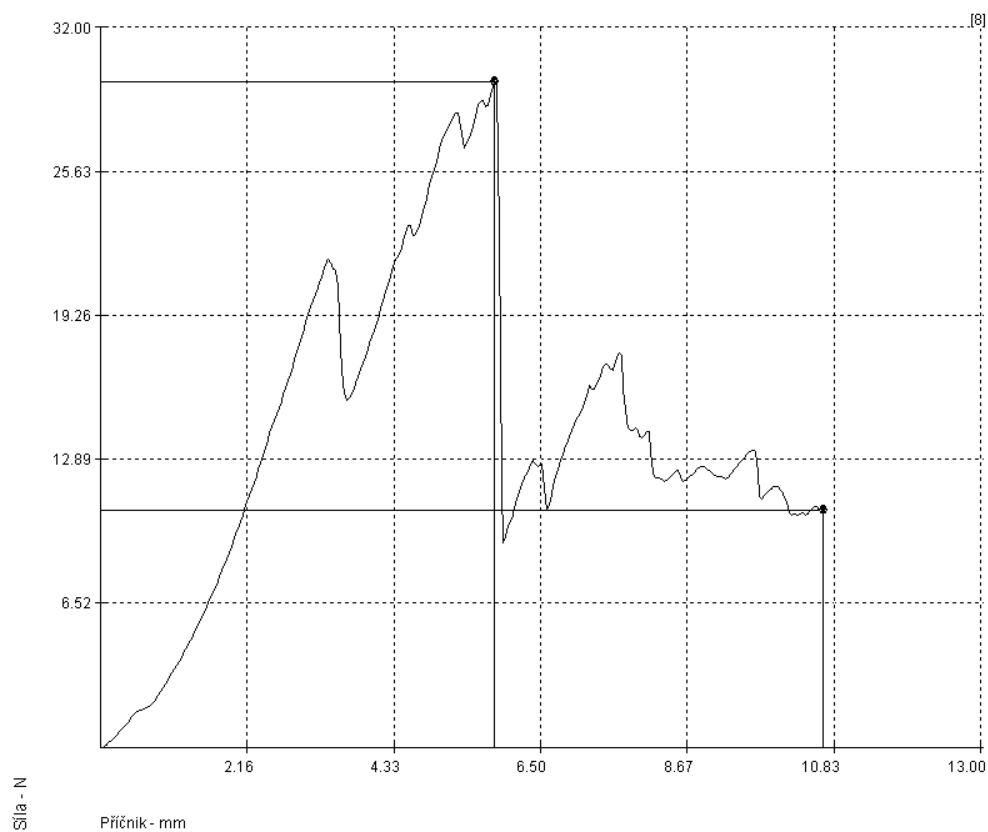


Graf 15: Série 1, vzorek 3

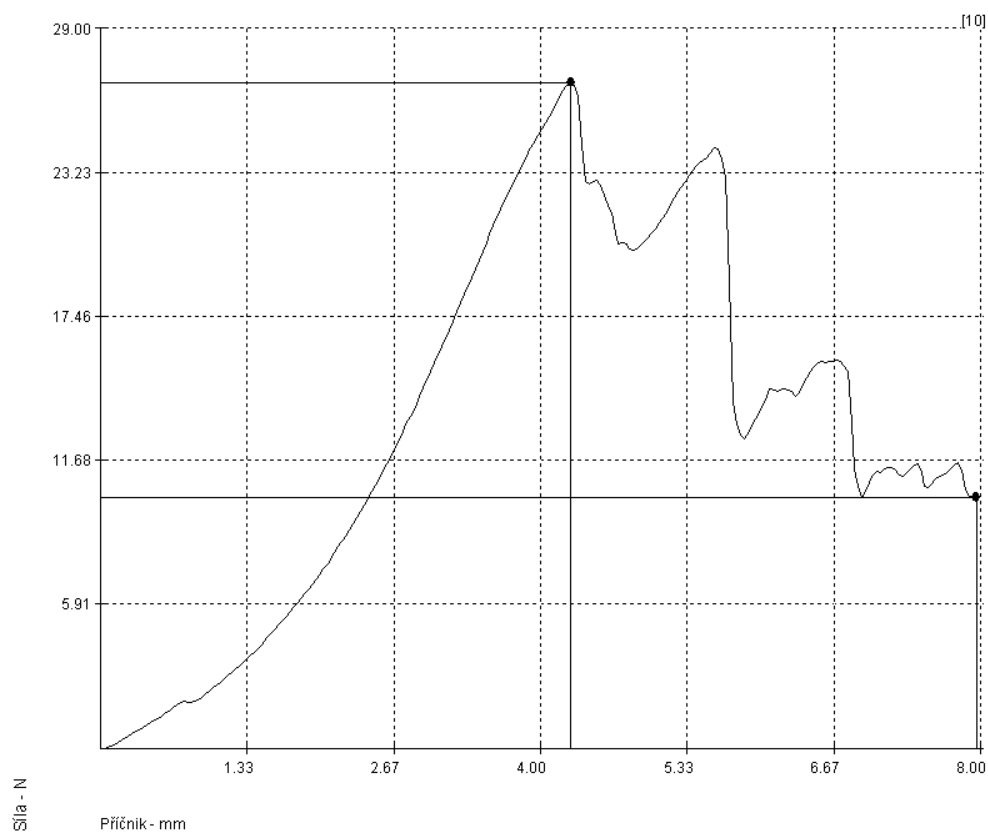


Graf 16: Série 1, vzorek 4

Příloha č. 3

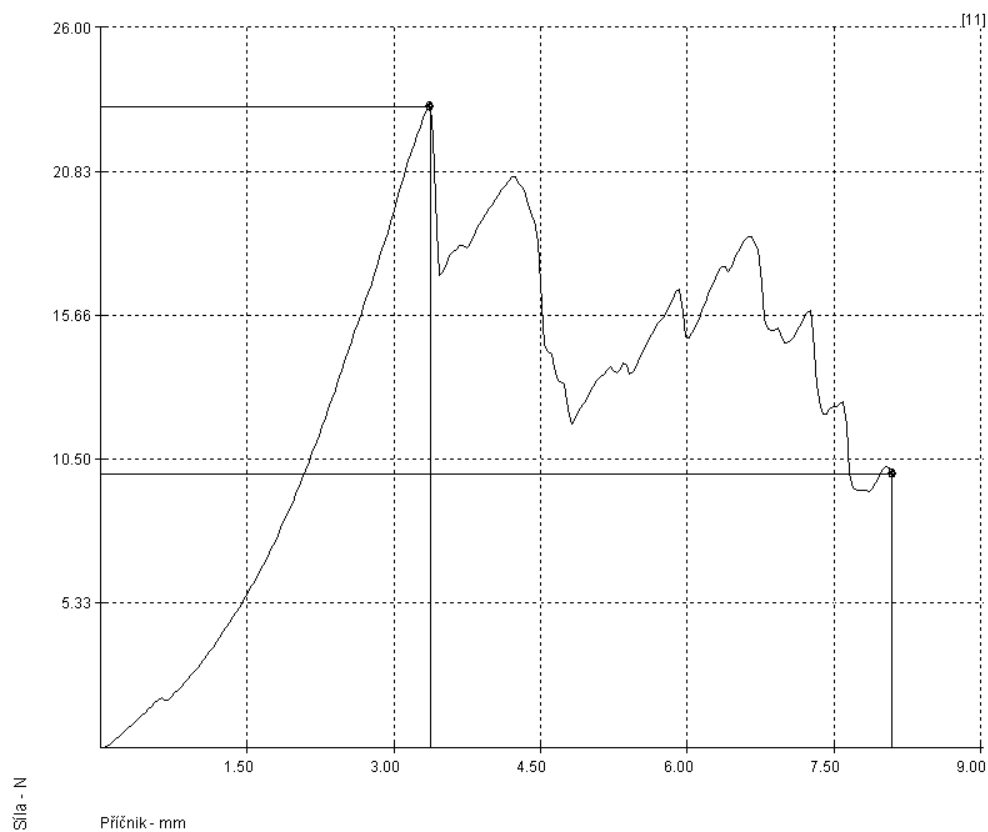


Graf 17: Série 2, vzorek 1

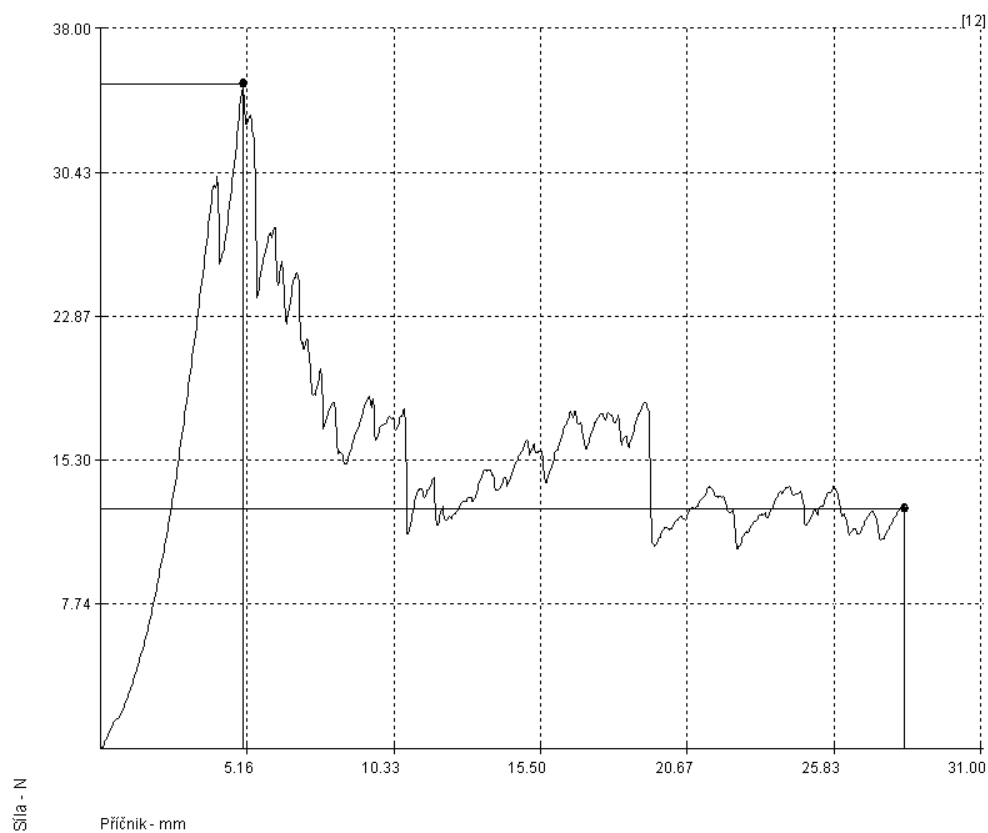


Graf 18: Série 2, vzorek 3

Příloha č. 3

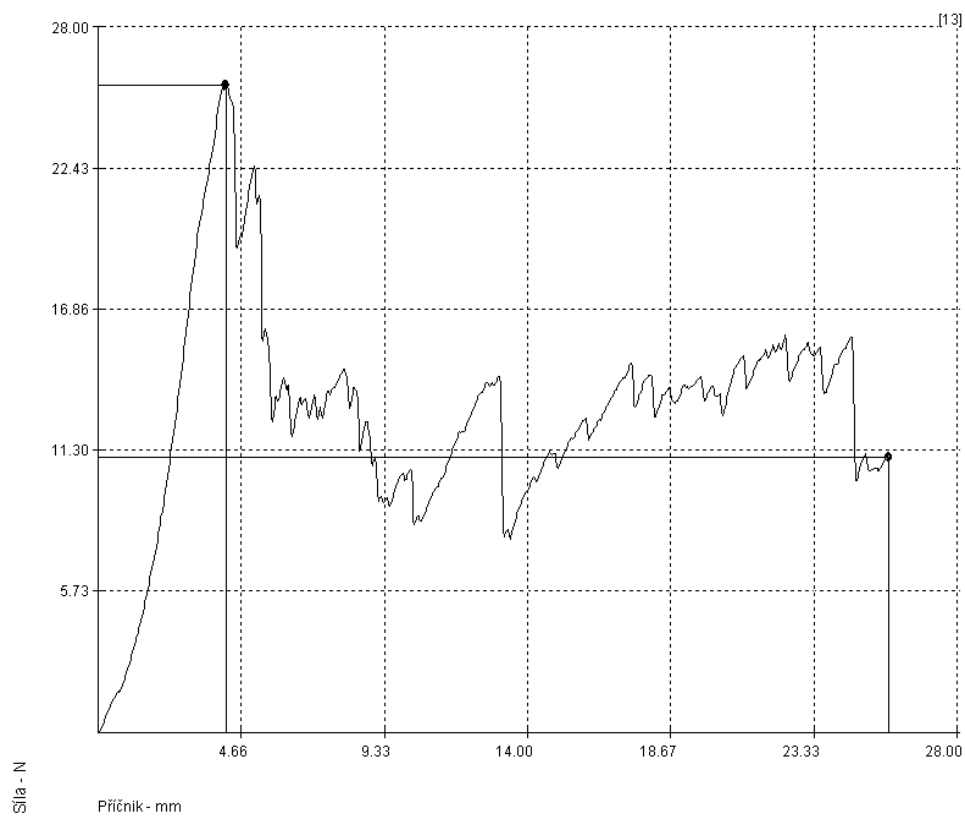


Graf 19: Série 2, vzorek 4

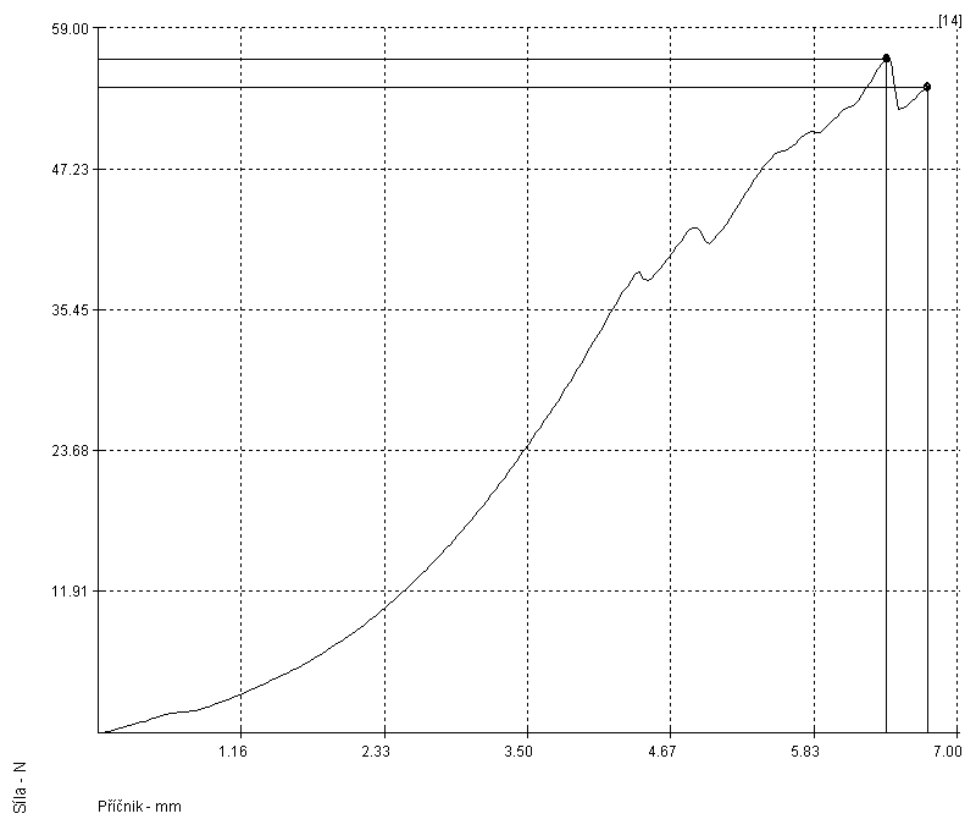


Graf 20: Série 2, vzorek 5

Příloha č. 3

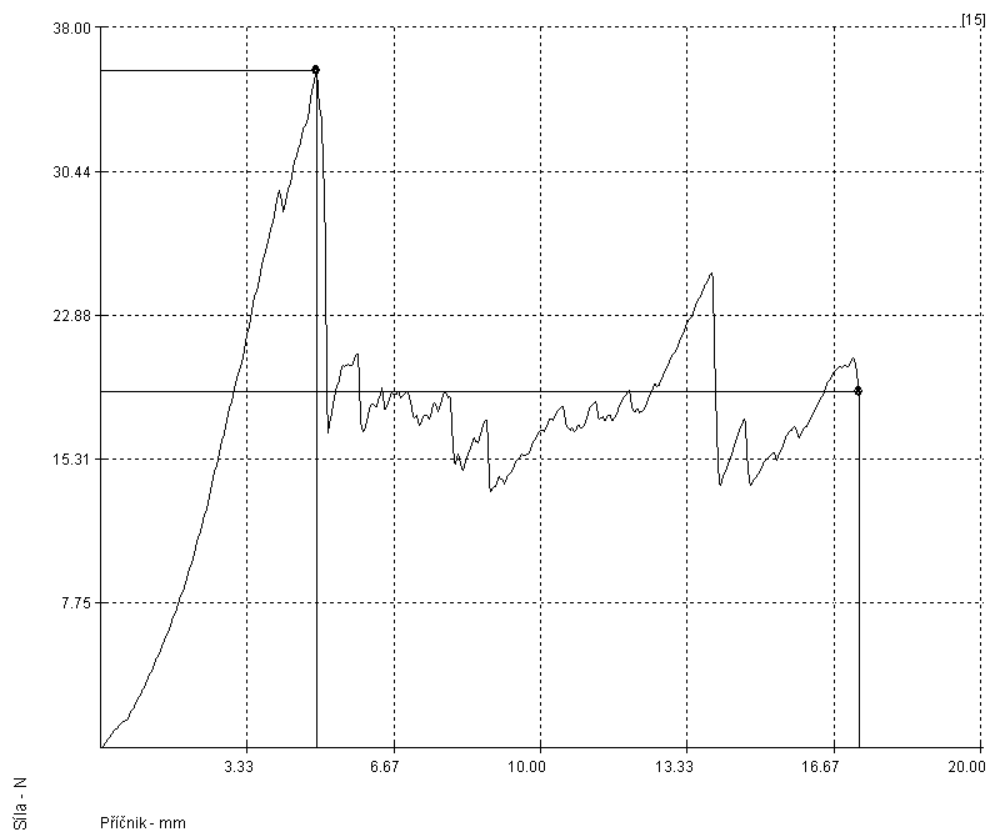


Graf 21: Série 3, vzorek 1

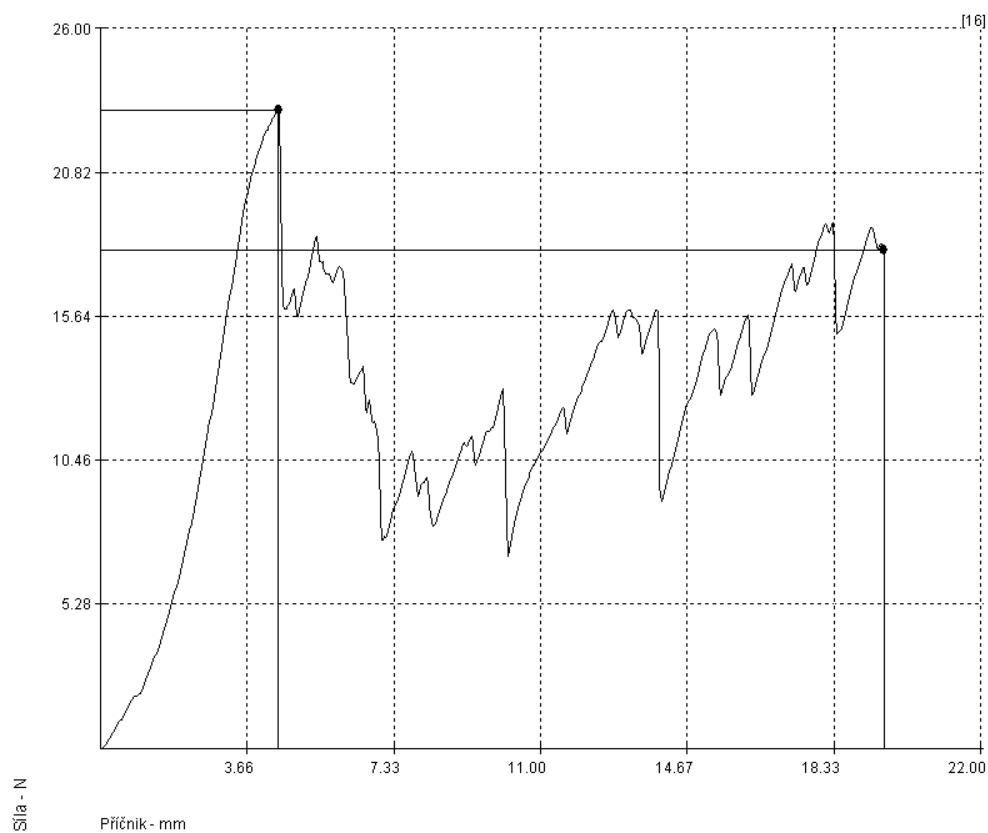


Graf 22: Série 3, vzorek 2

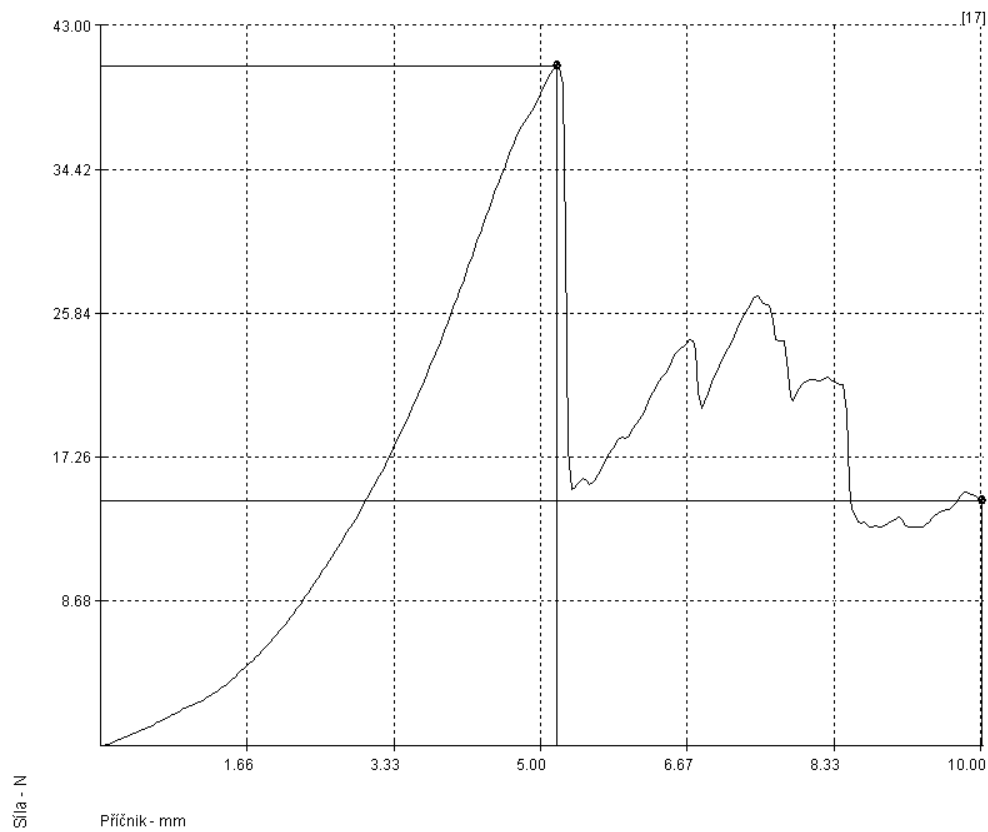
Příloha č. 3



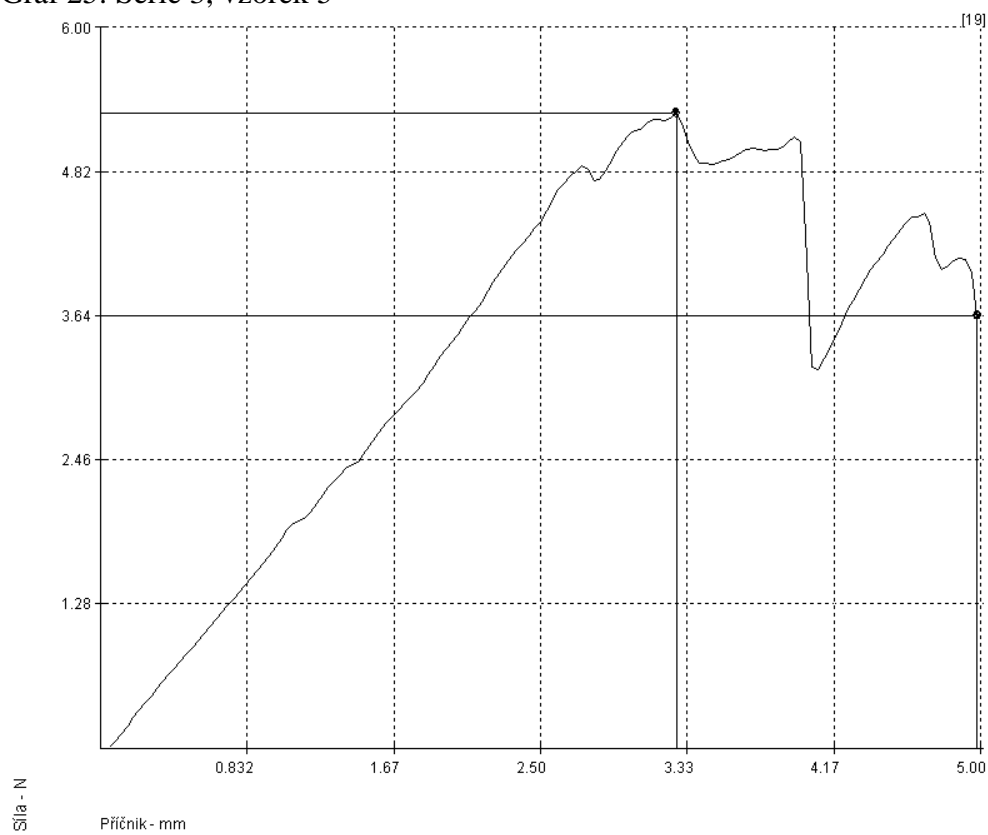
Graf 23: Série 3, vzorek 3



Graf 24: Série 3, vzorek 4

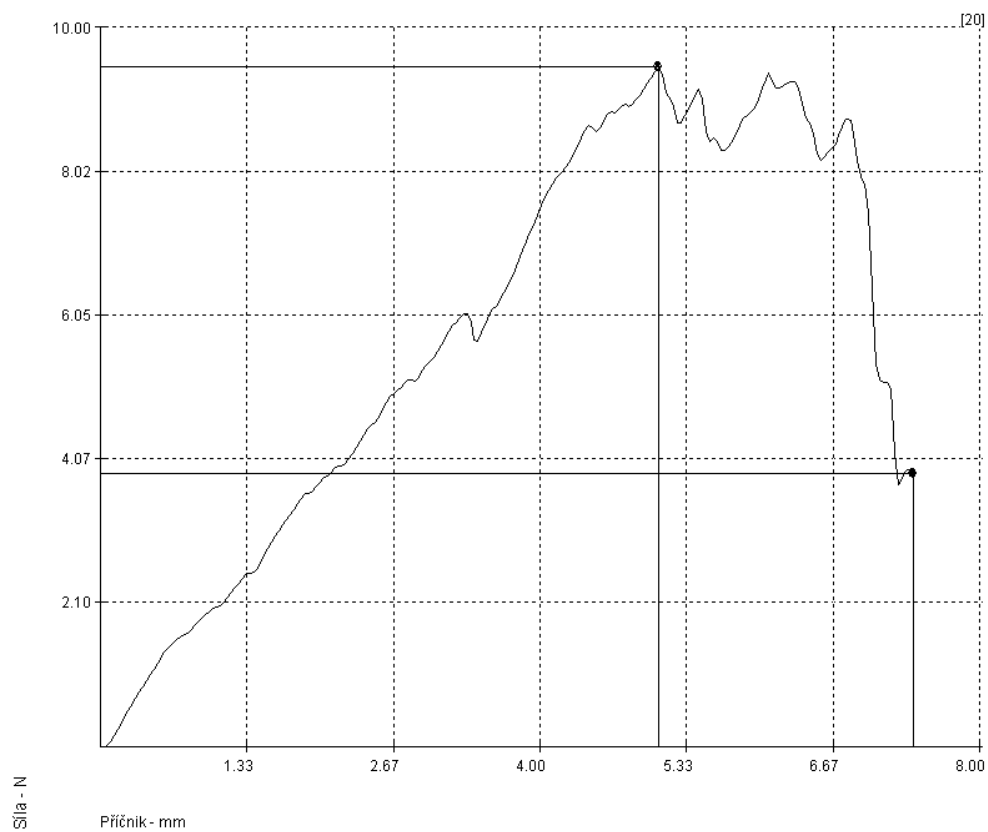


Graf 25: Série 3, vzorek 5

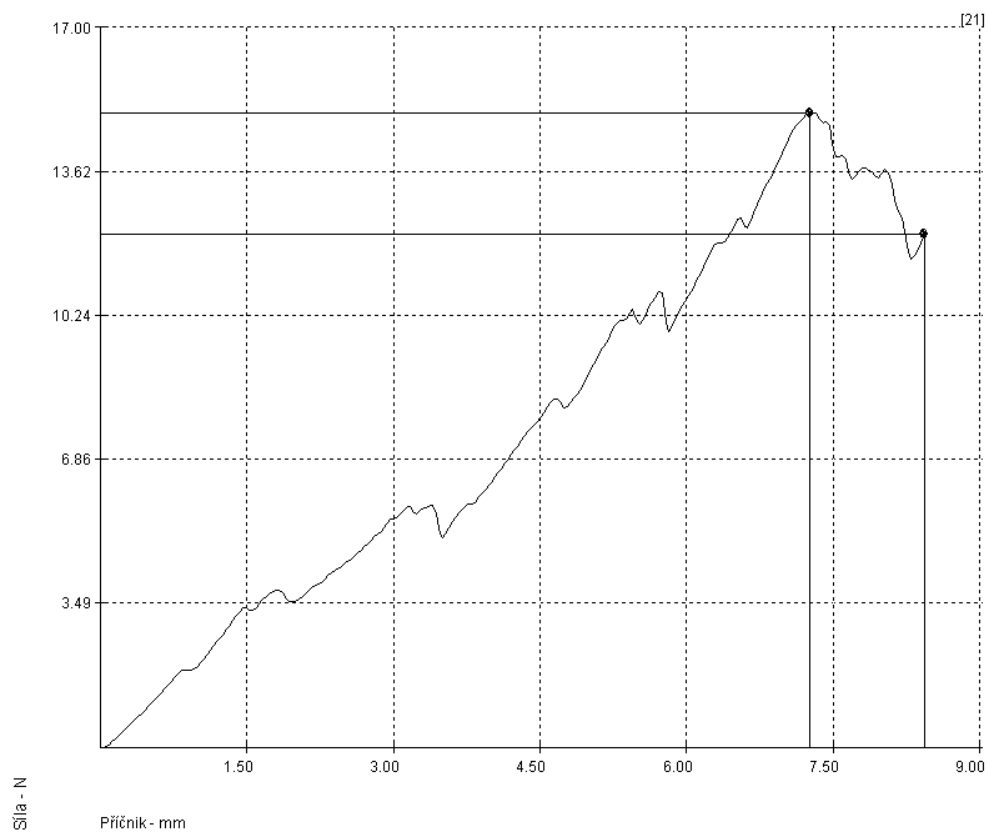


Graf 26: Série 4, vzorek 2

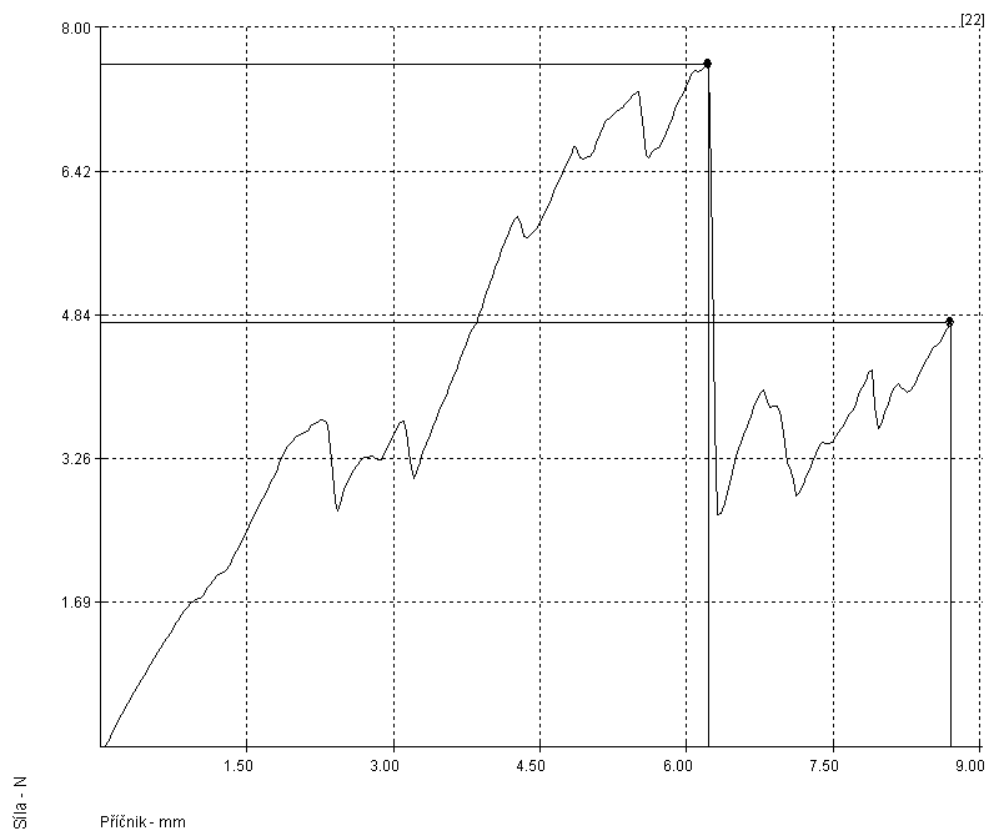
Příloha č. 3



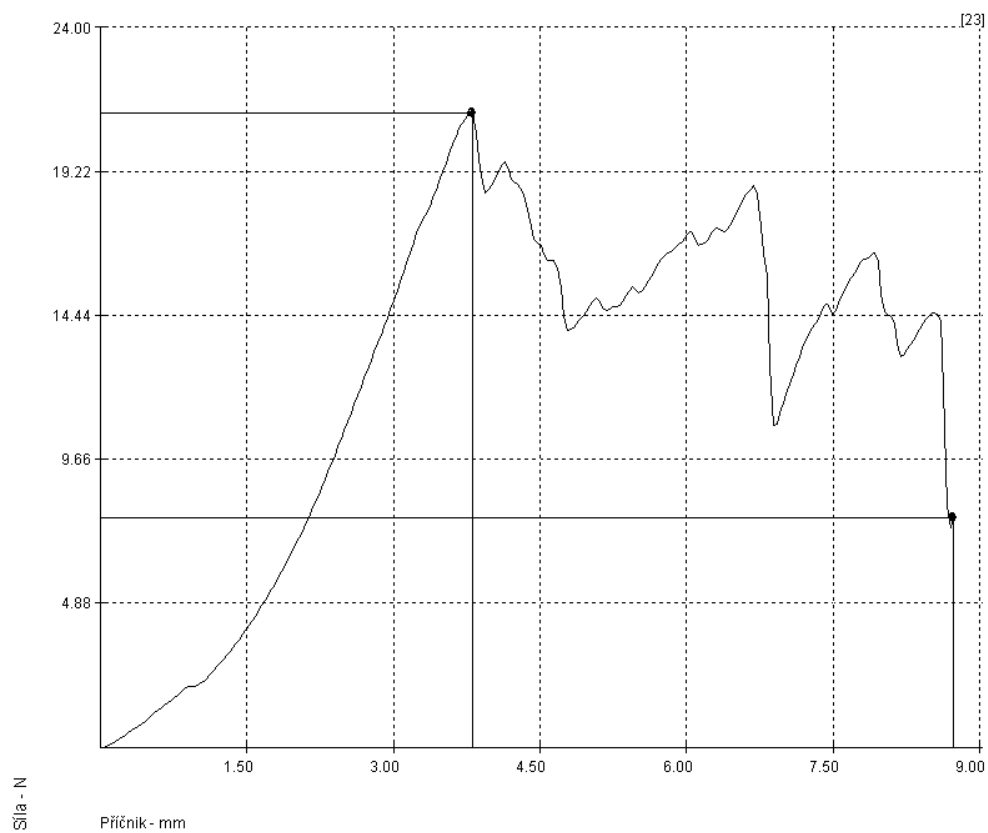
Graf 27: Série 4, vzorek 3



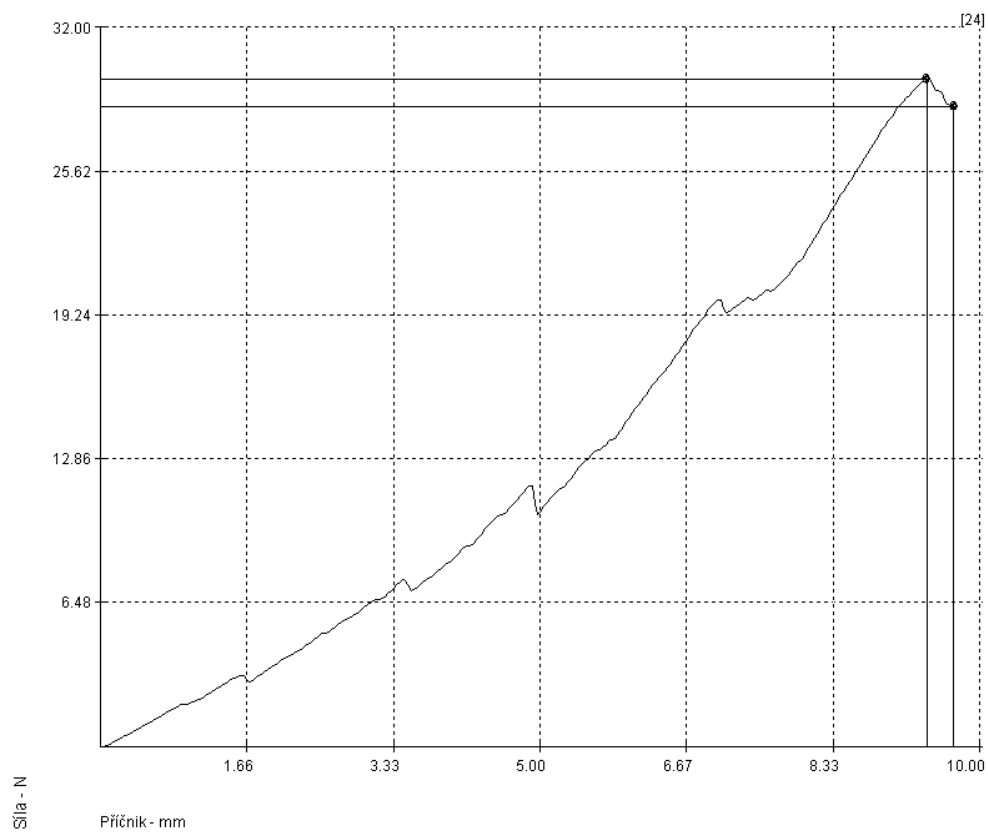
Graf 28: Série 4, vzorek 4



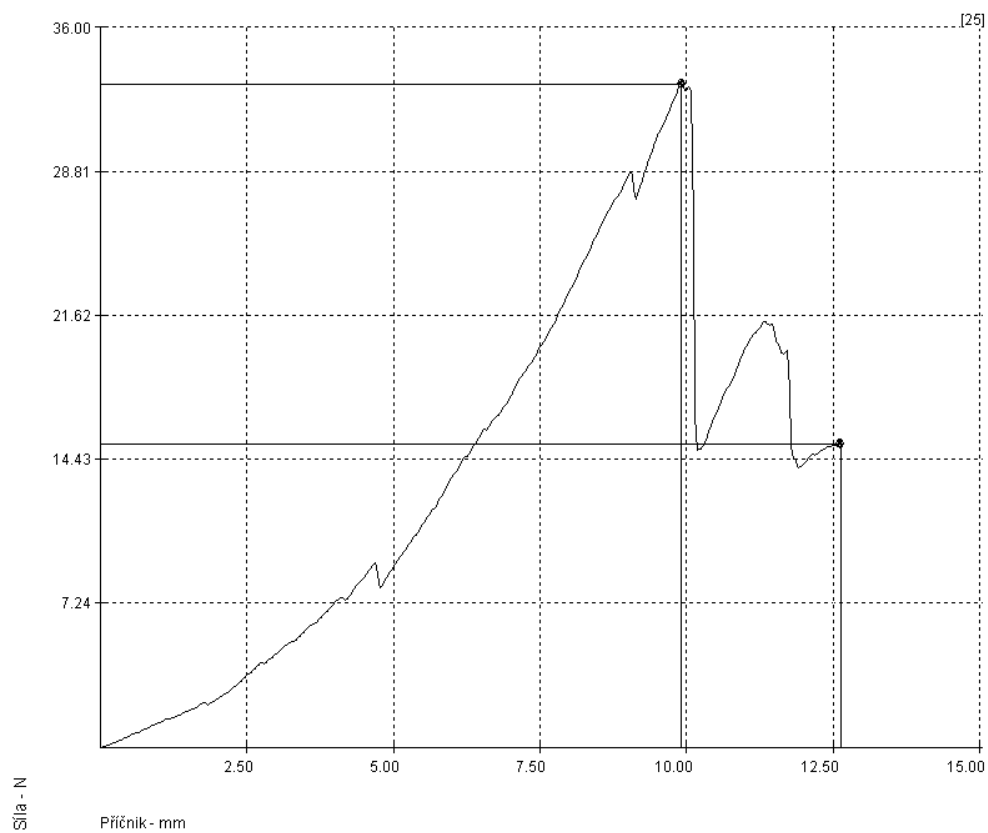
Graf 29: Série 4, vzorek 5



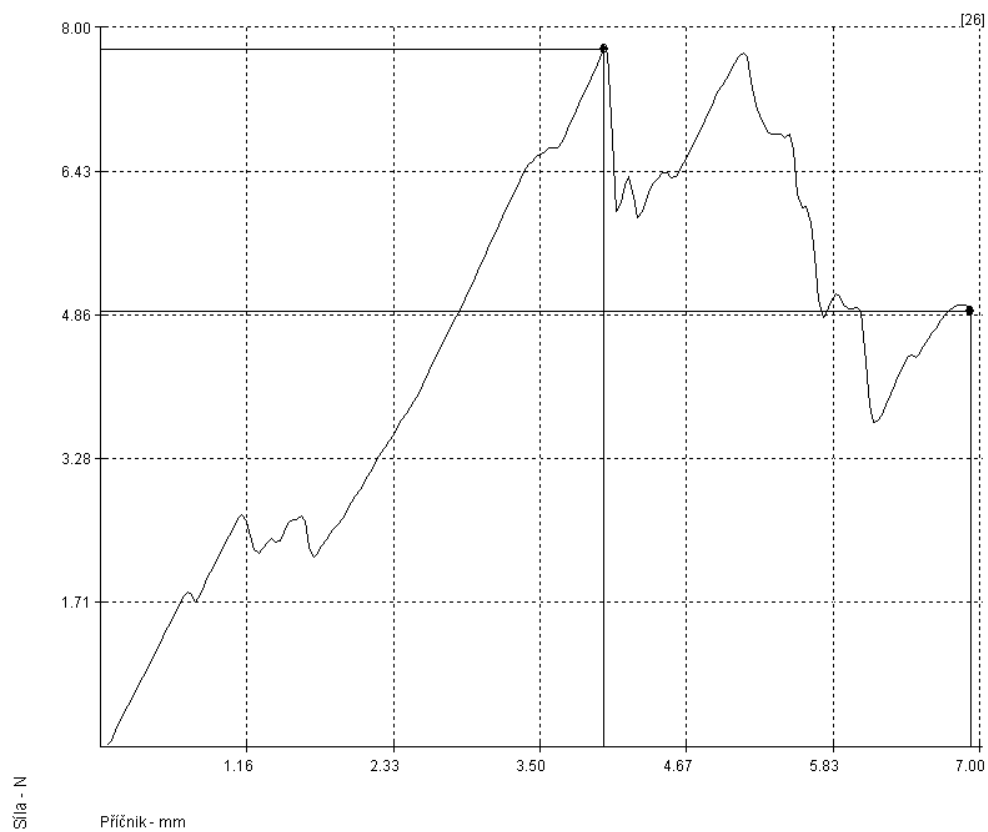
Graf 30: Série 5, vzorek 1



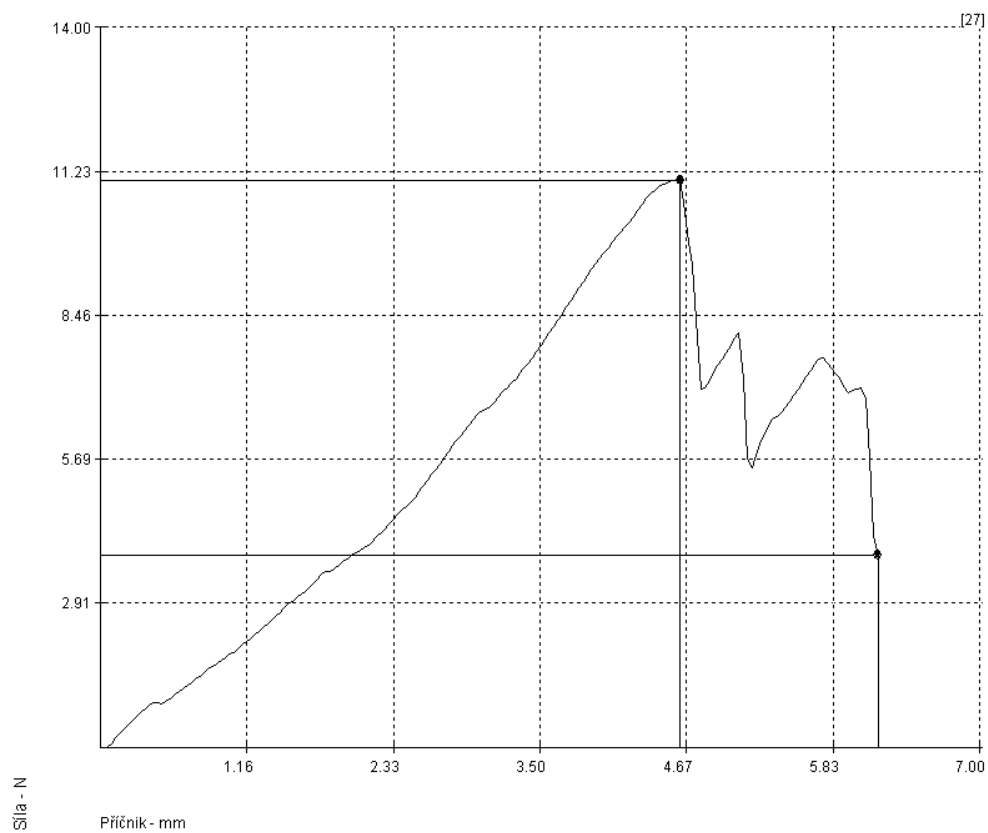
Graf 31: Série 5, vzorek 2



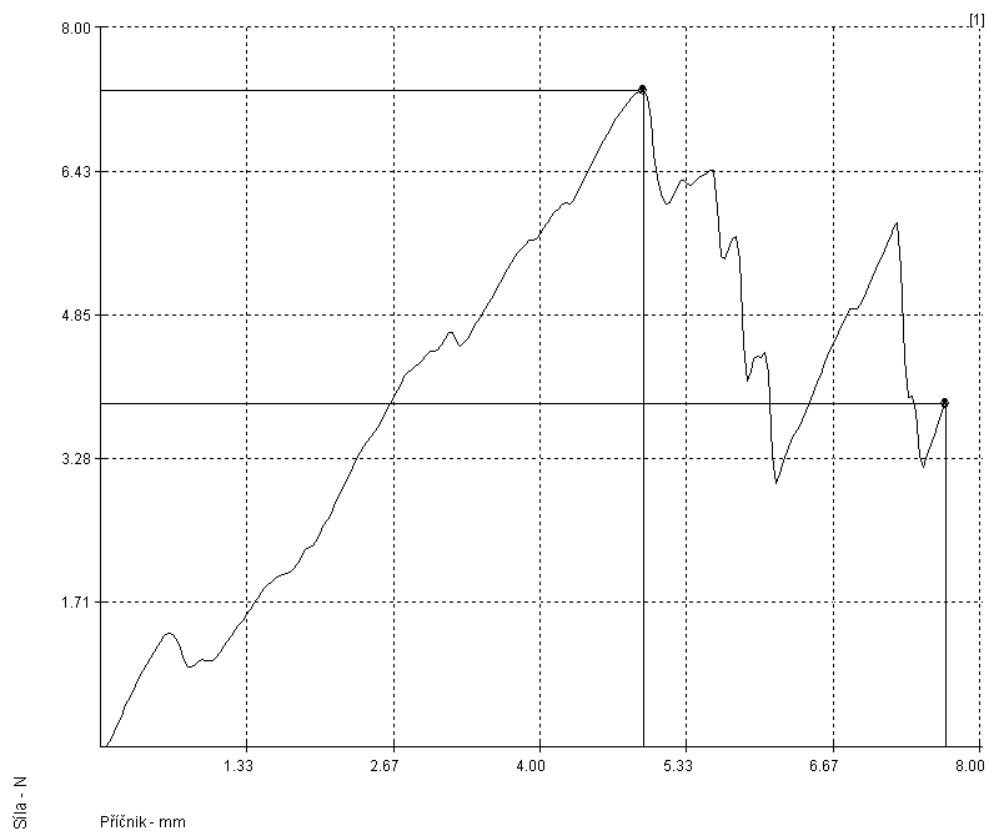
Graf 32: Série 5, vzorek 3



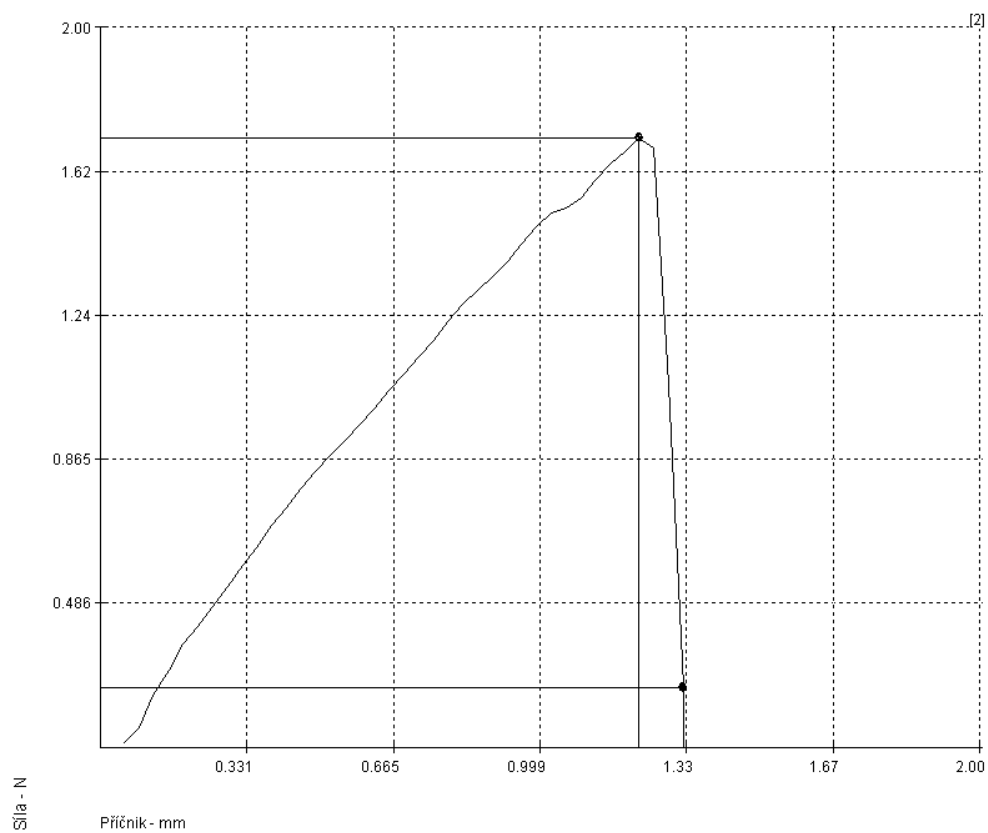
Graf 33: Série 5, vzorek 4



Graf 34: Série 5, vzorek 5

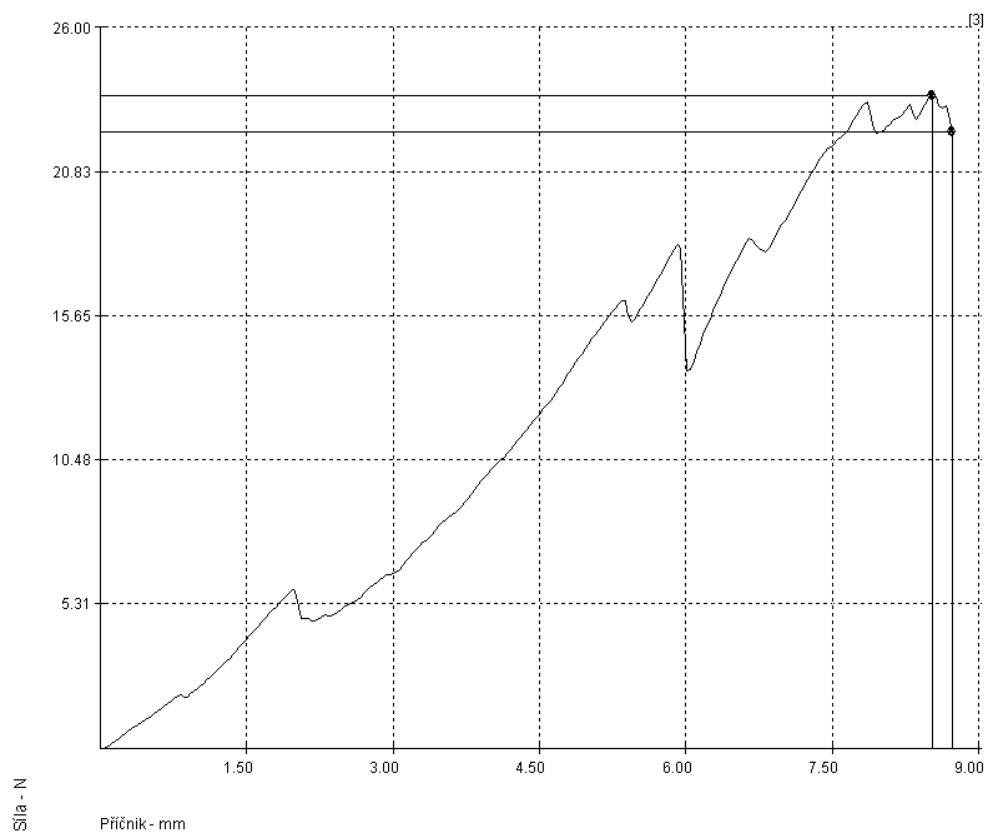


Graf 35: Série 6, vzorek 1

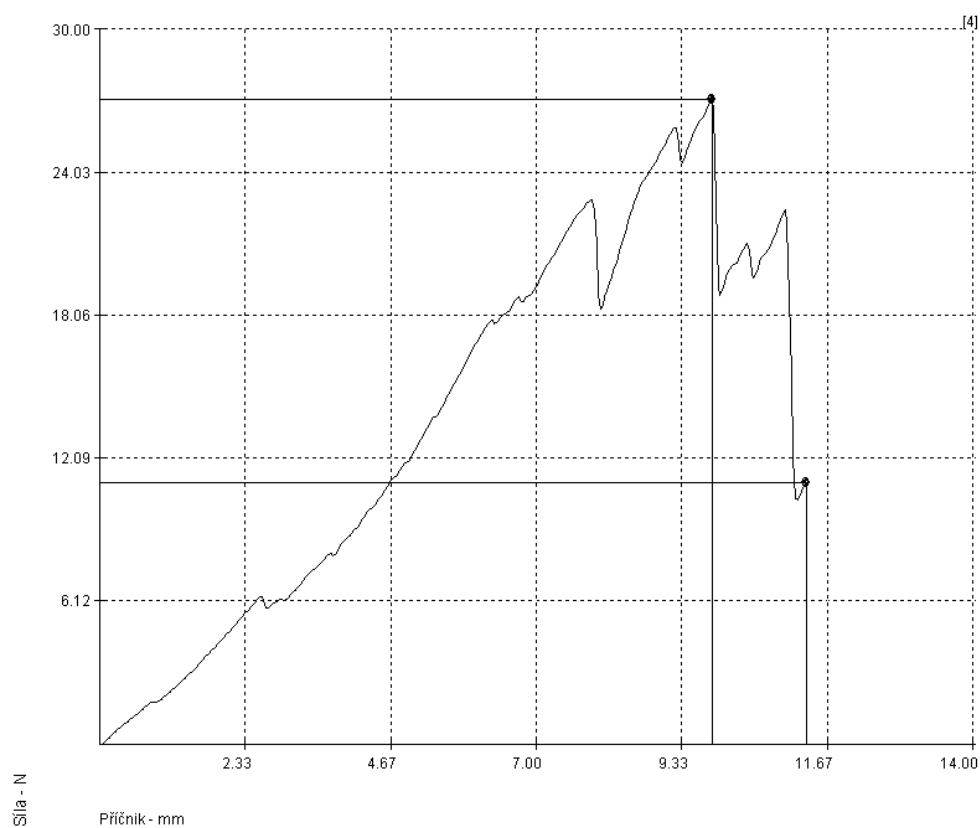


Graf 24: Série 6, vzorek 2

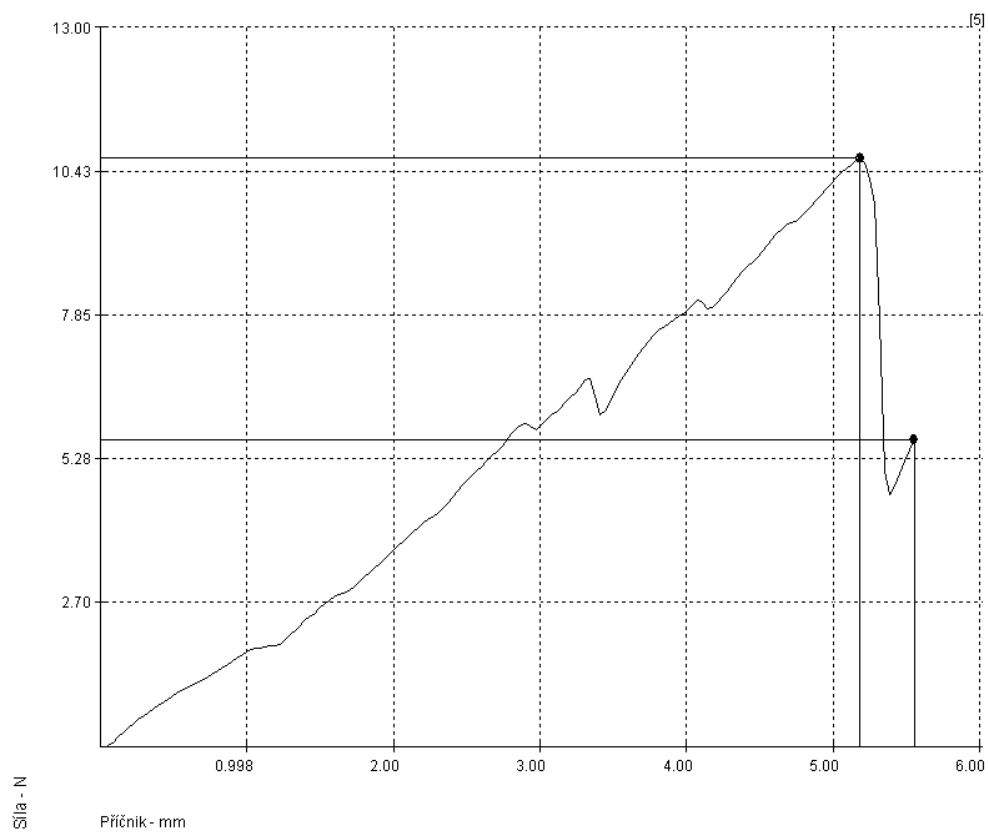
Příloha č. 3



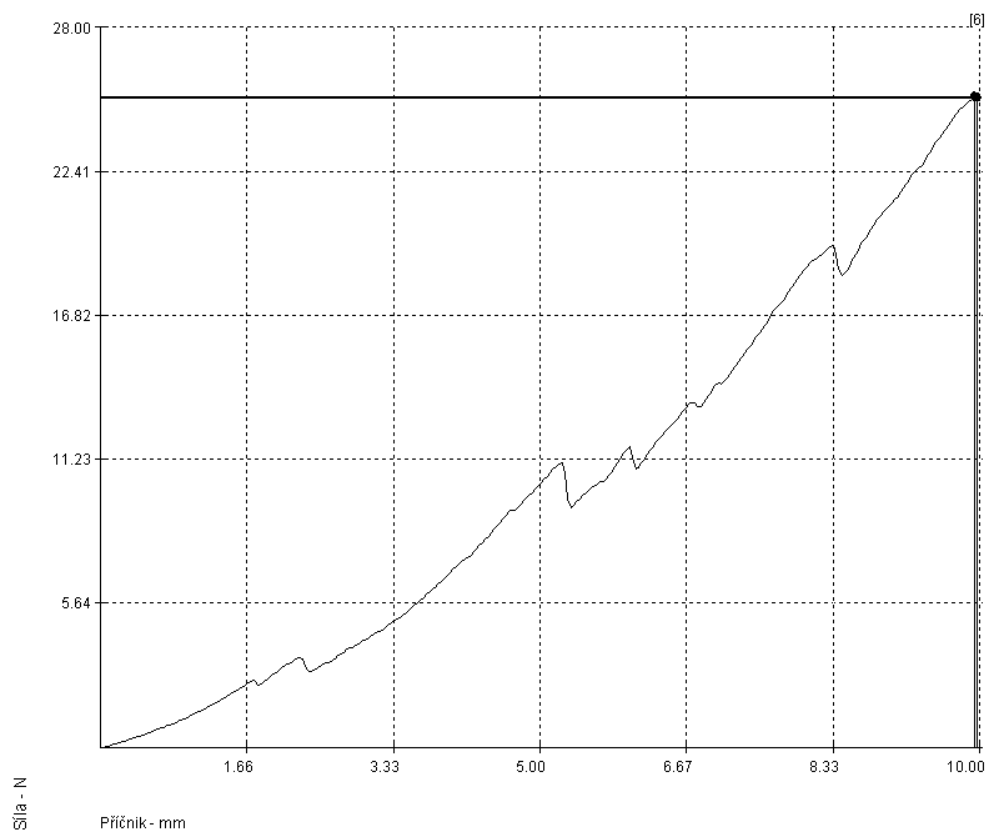
Graf 25: Série 6, vzorek 3



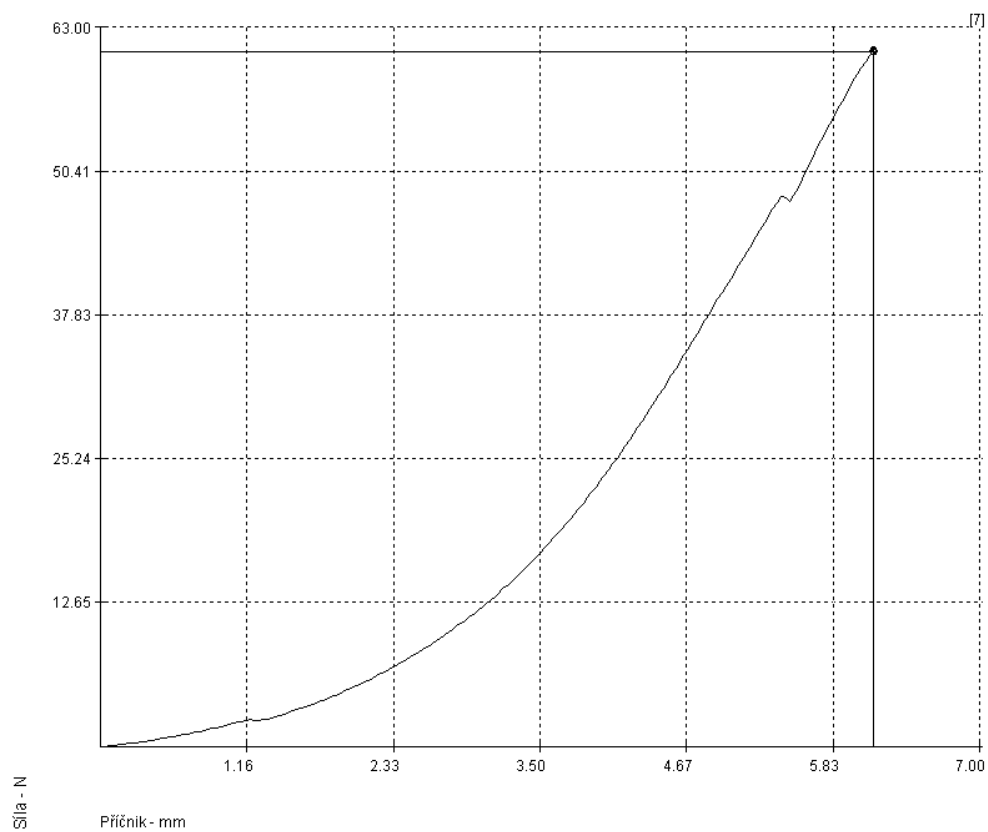
Graf 26: Série 6, vzorek 4



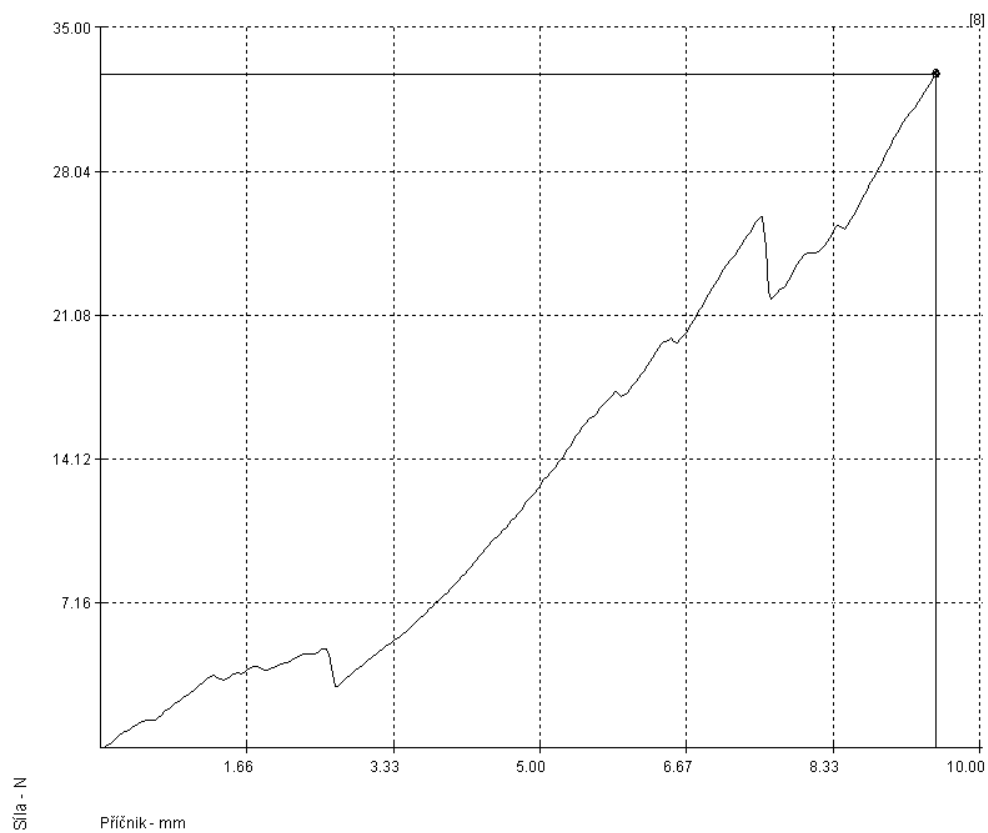
Graf 27: Série 6, vzorek 5



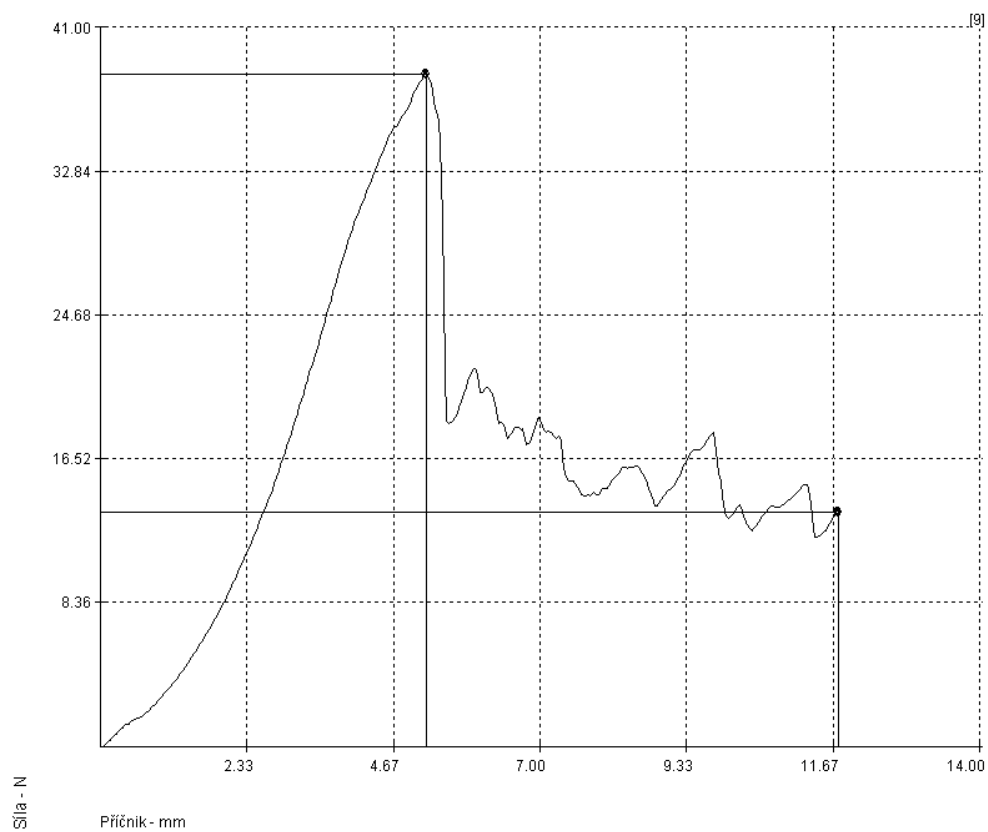
Graf 28: Série 7, vzorek 1



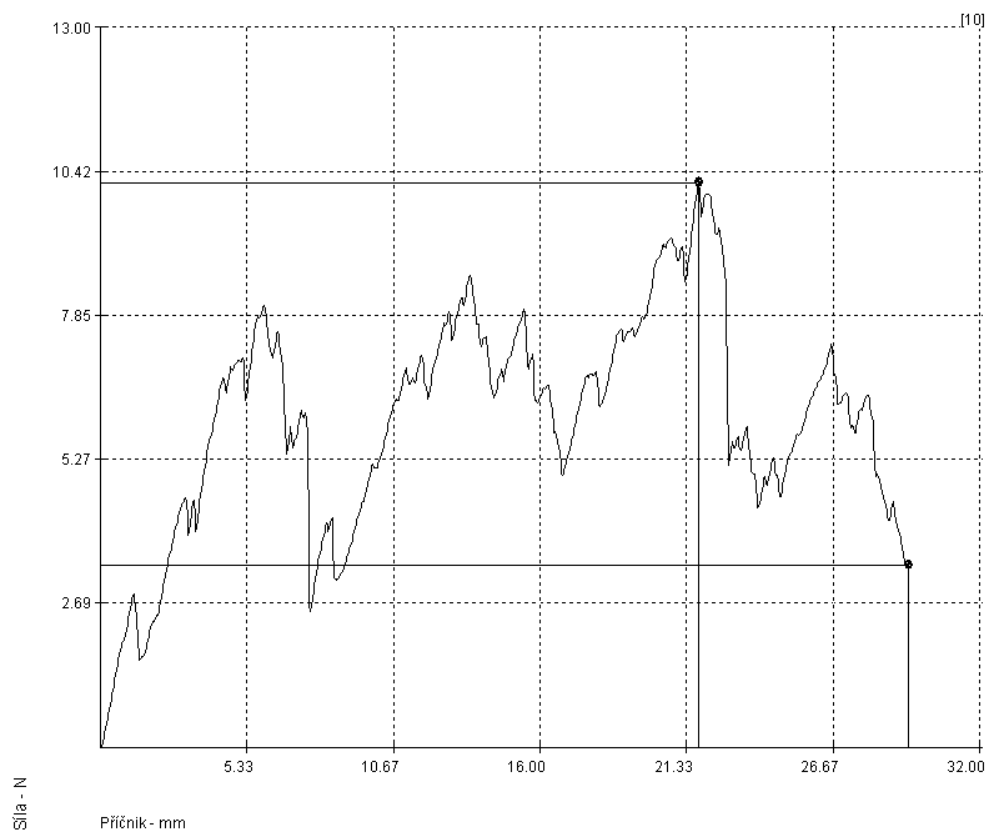
Graf 29: Série 7, vzorek 2



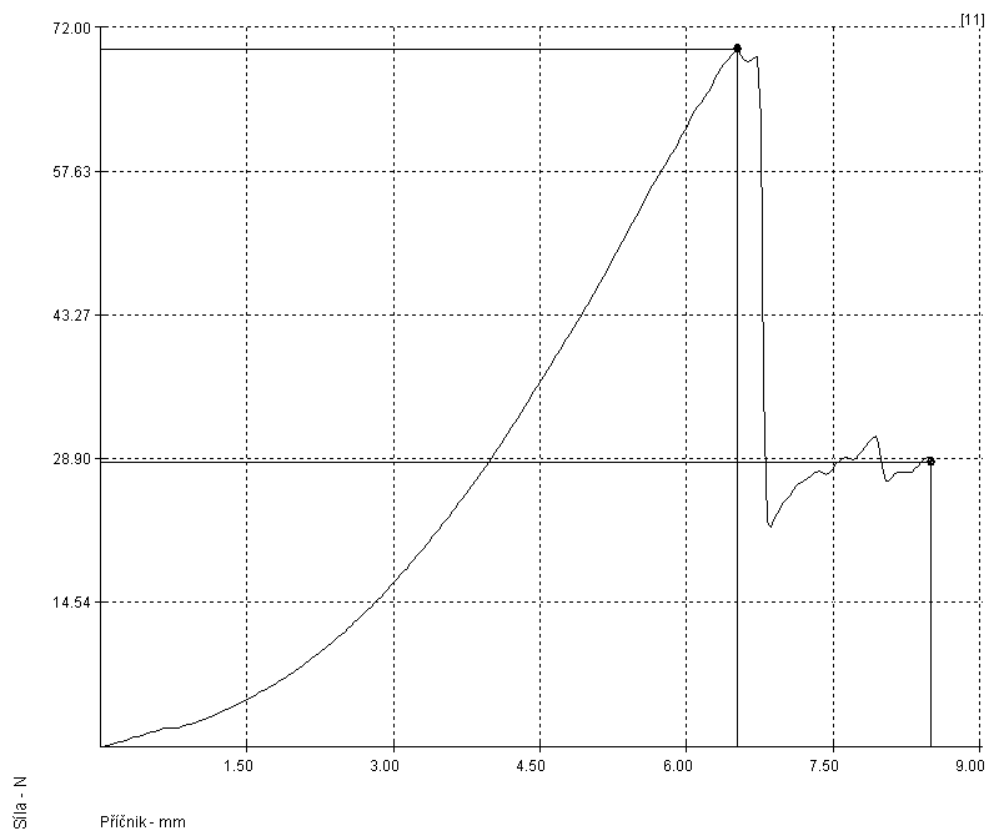
Graf 30: Série 7, vzorek 3



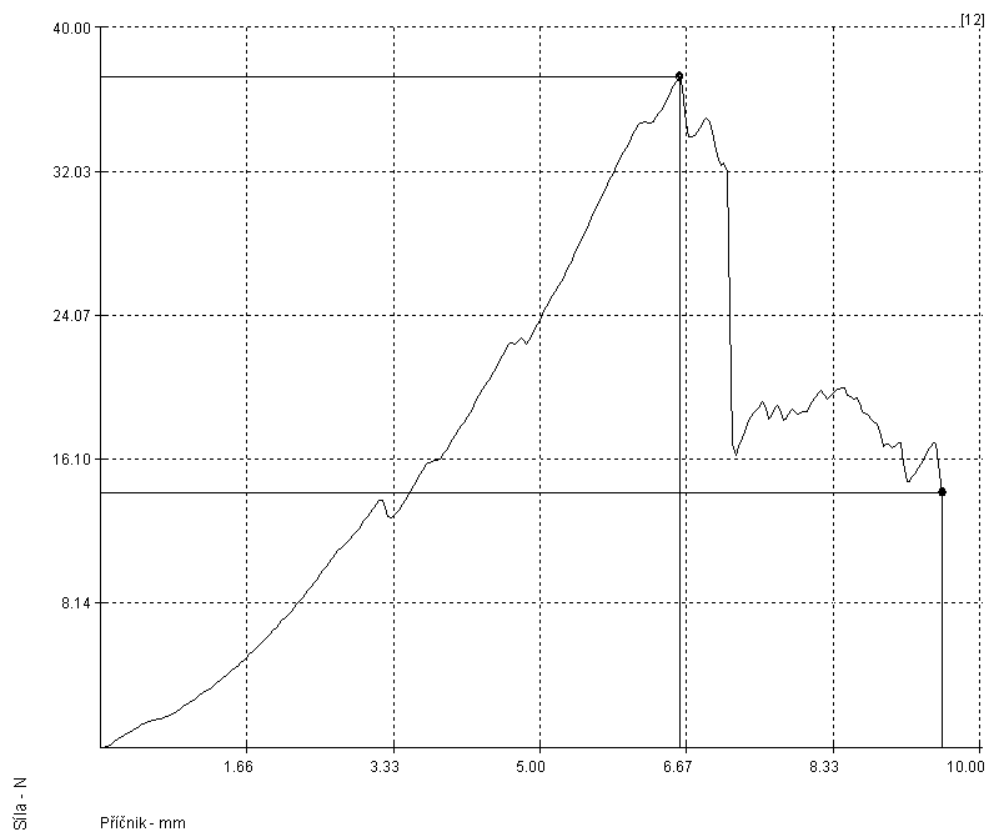
Graf 31: Série 7, vzorek 4



Graf 32: Série 7, vzorek 5

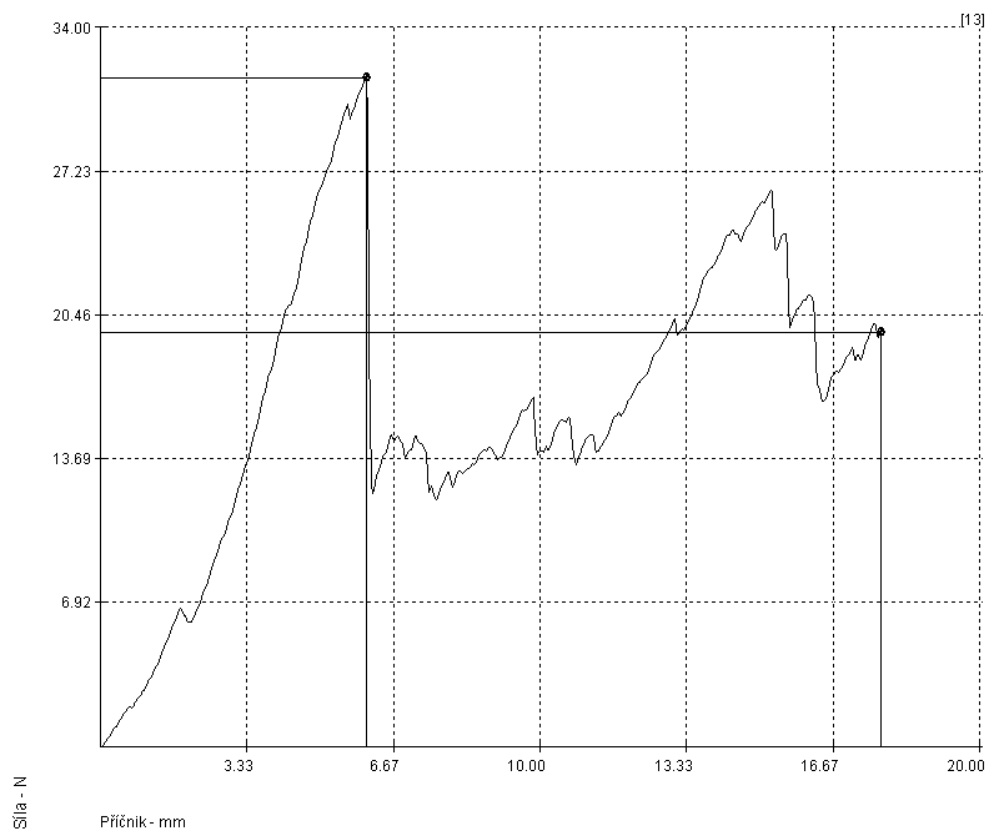


Graf 33: Série 8, vzorek 1

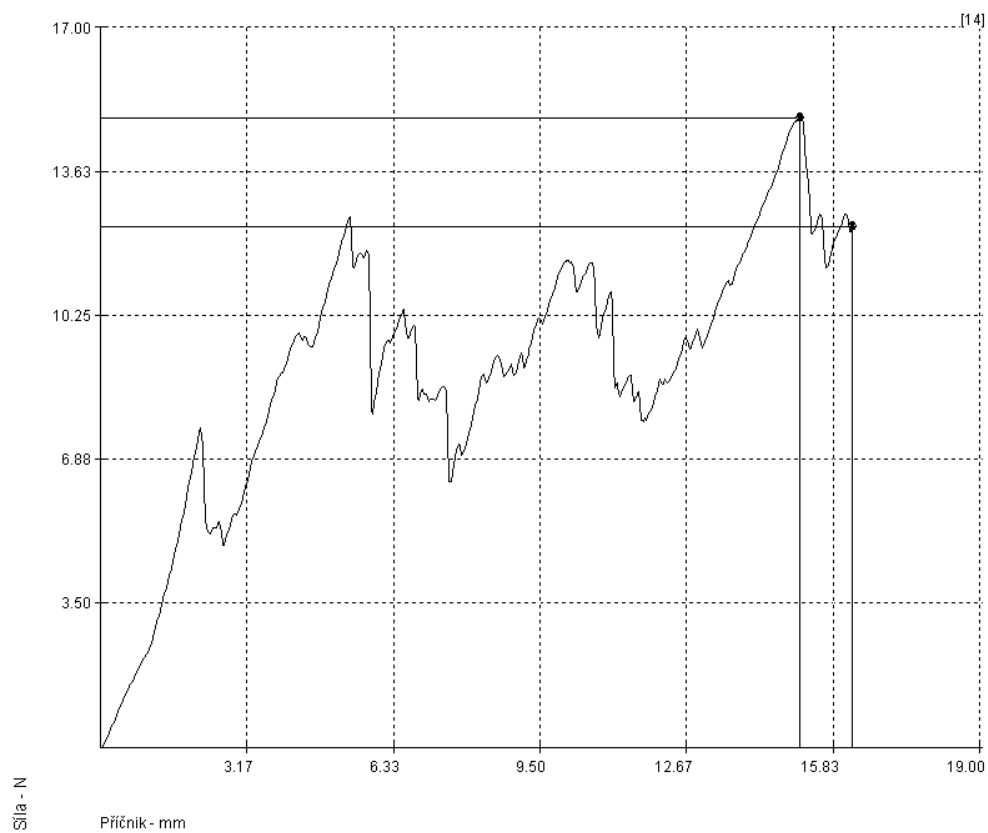


Graf 34: Série 8, vzorek 2

Příloha č. 3

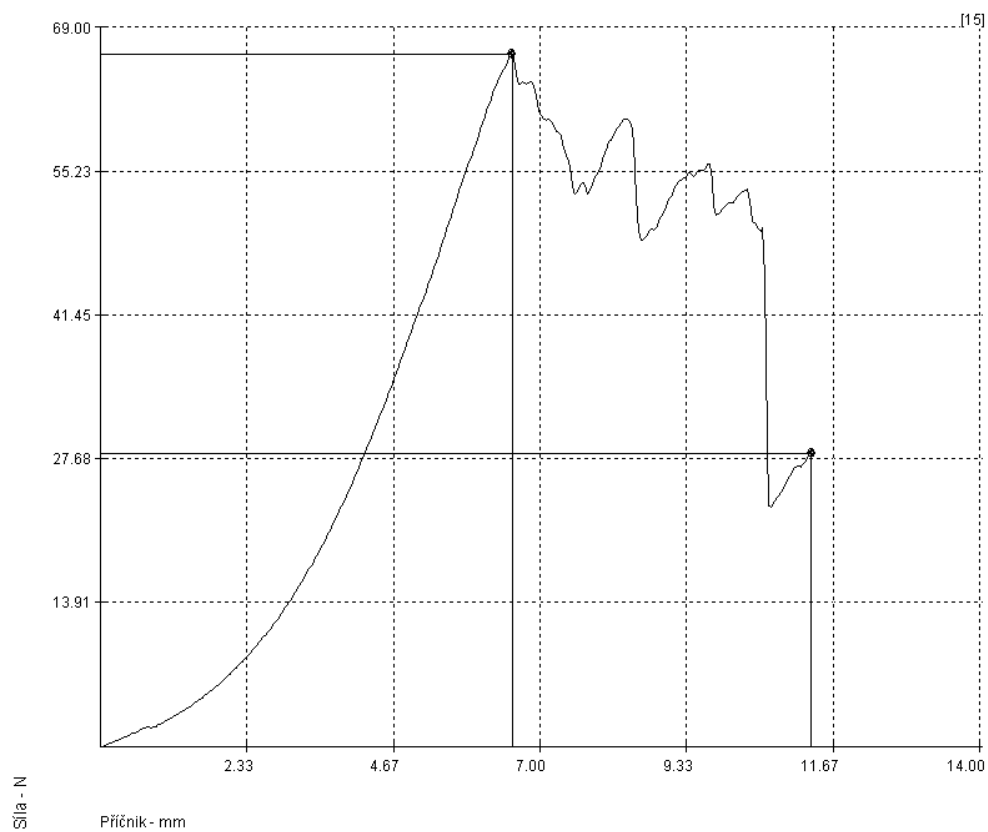


Graf 35: Série 8, vzorek 3

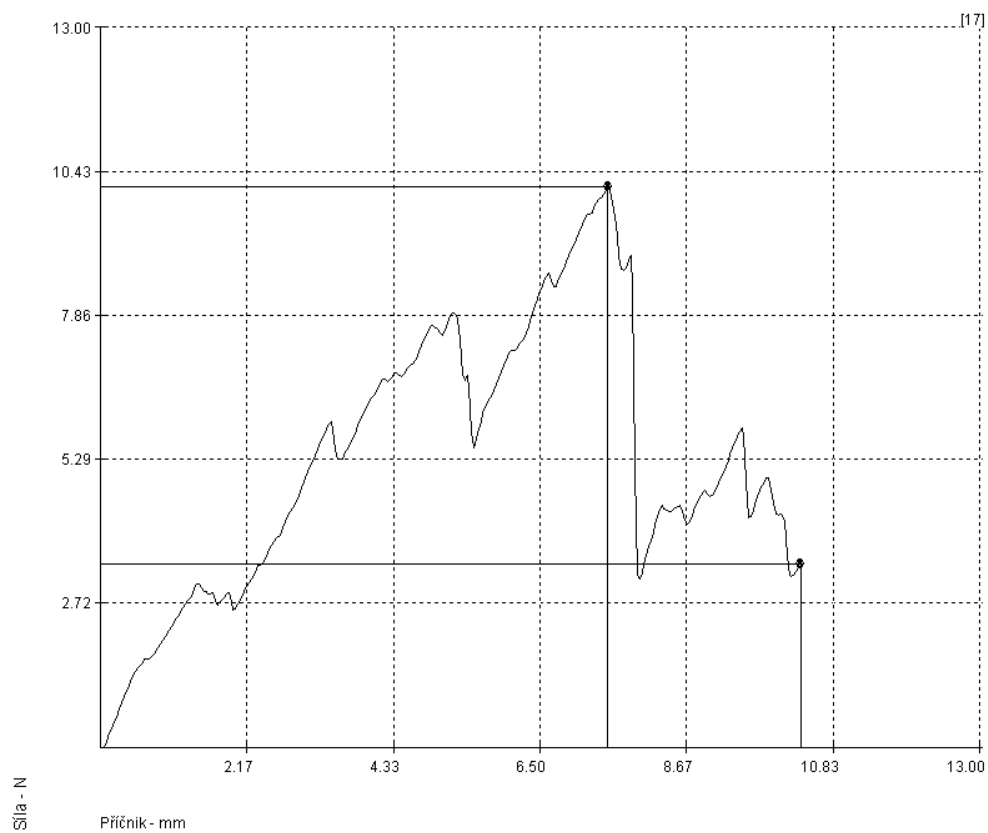


Graf 36: Série 8, vzorek 4

Příloha č. 3

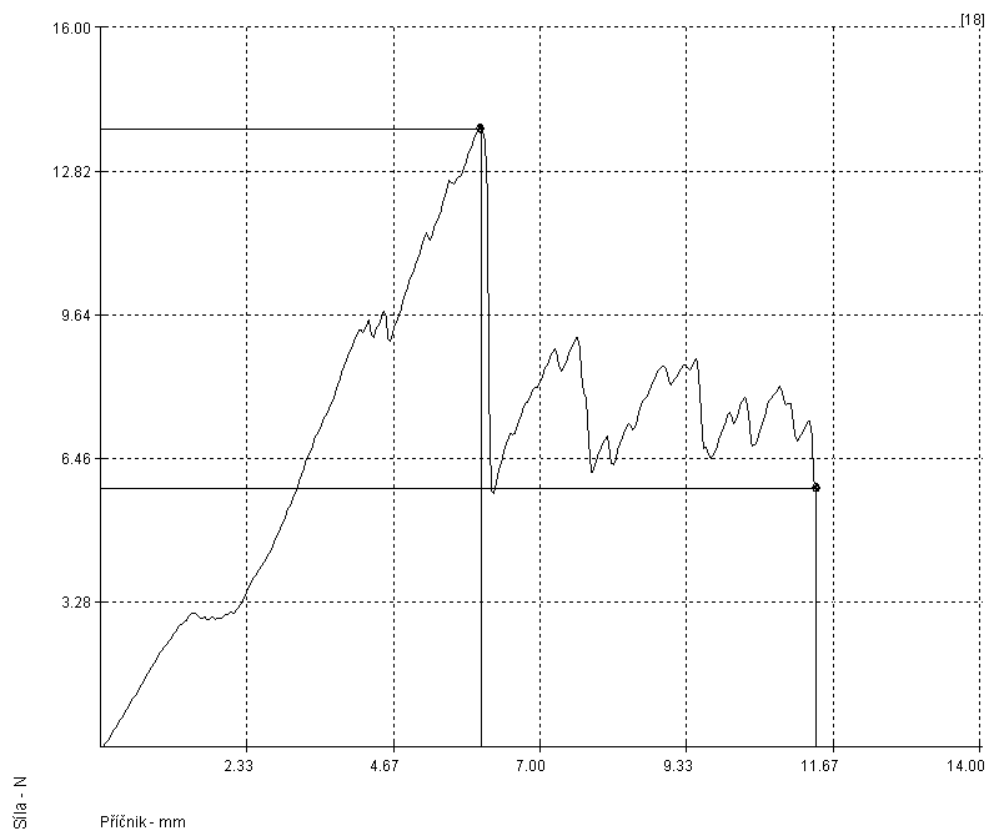


Graf 37: Série 8, vzorek 5

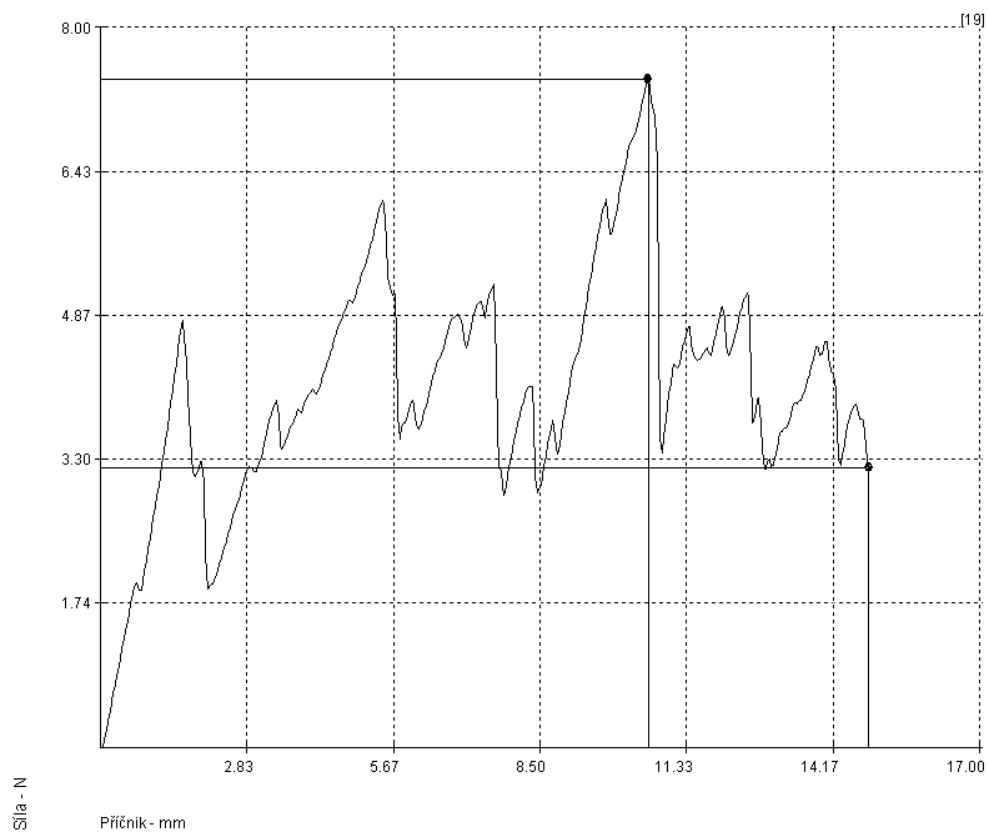


Graf 38: Série 9, vzorek 2

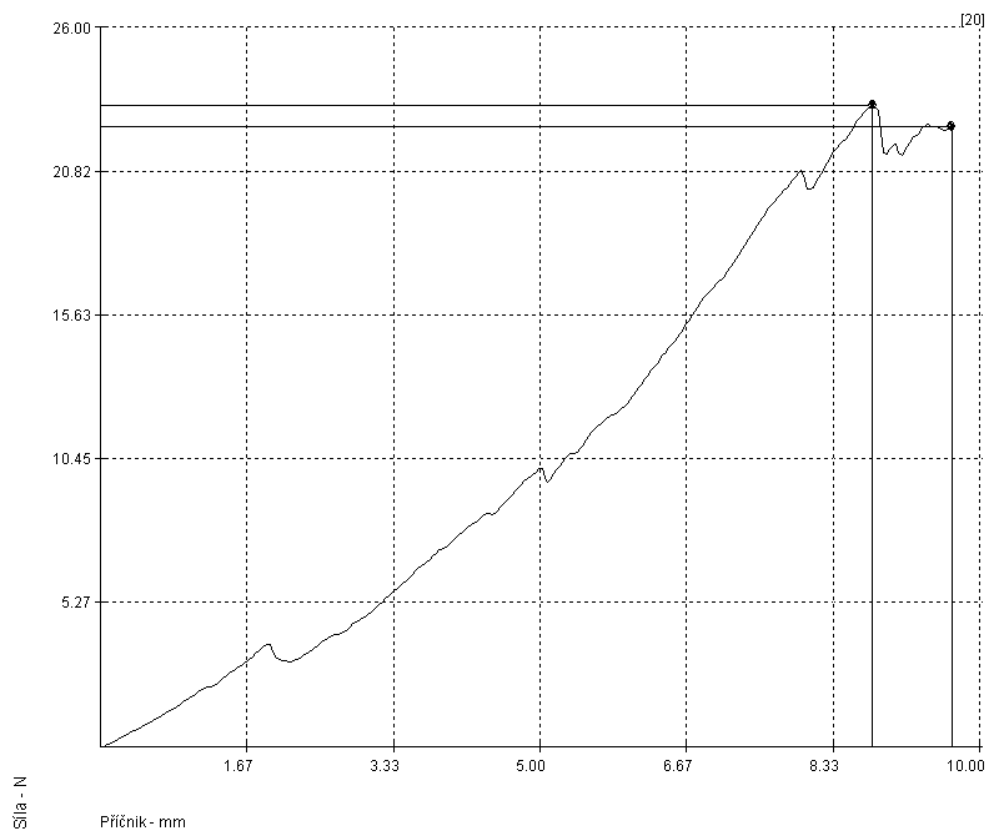
Příloha č. 3



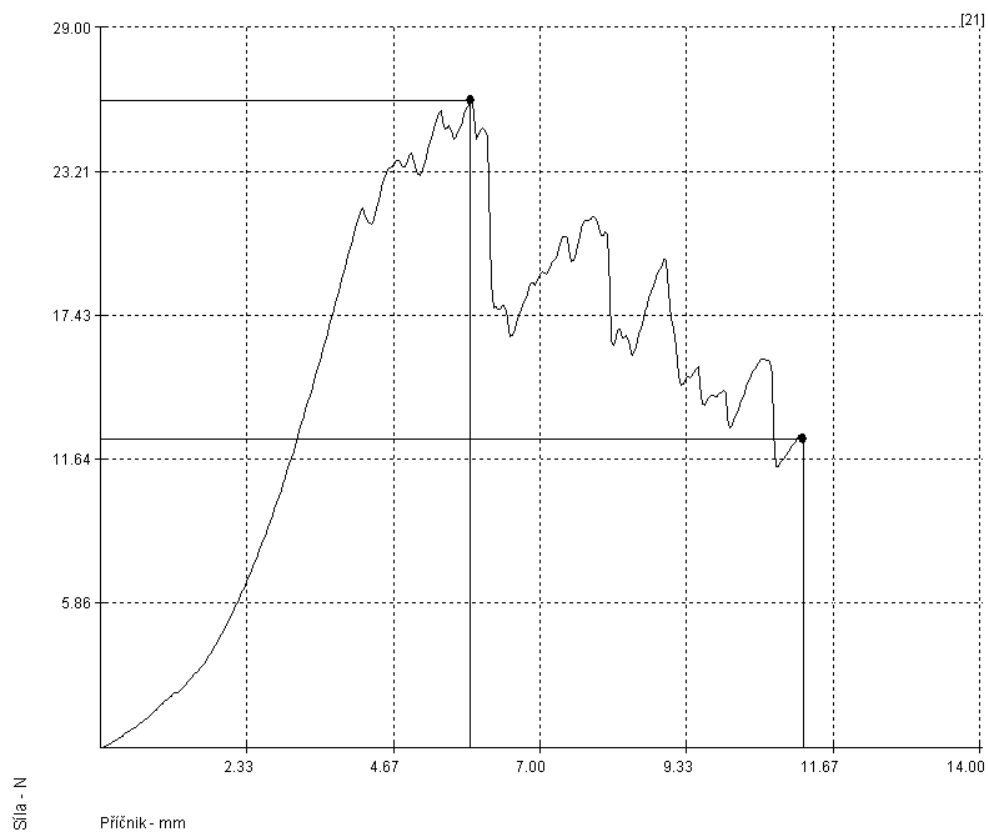
Graf 39: Série 9, vzorek 3



Graf 40: Série 9, vzorek 4

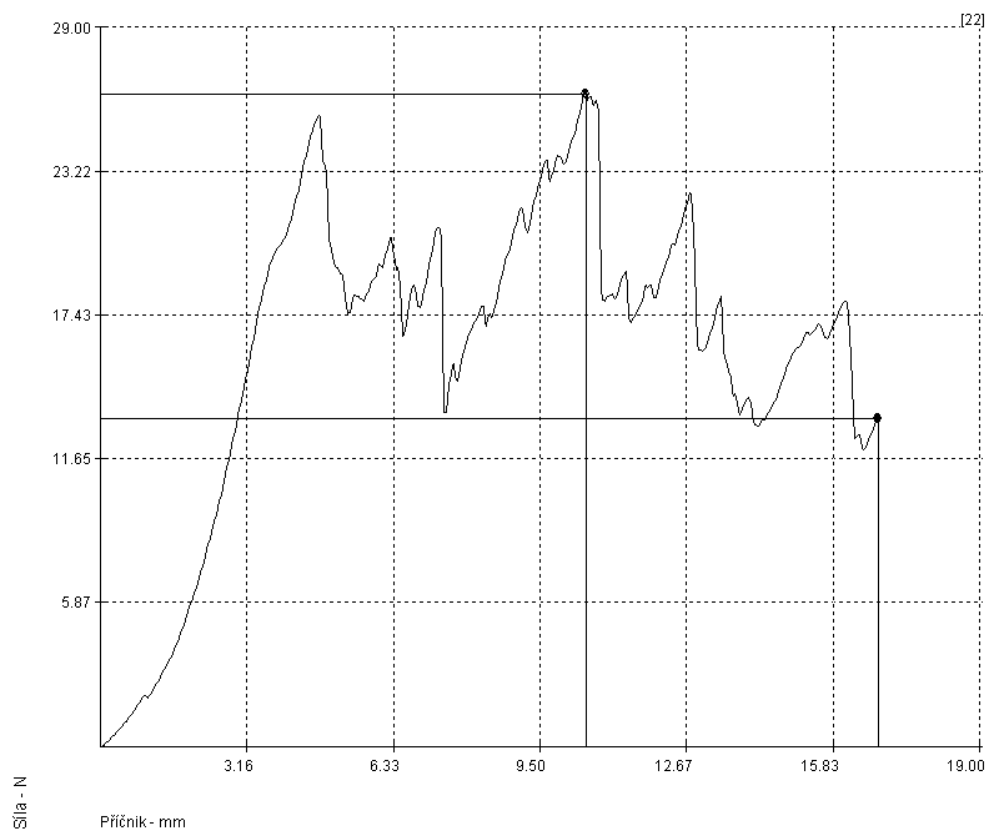


Graf 41: Série 9, vzorek 5

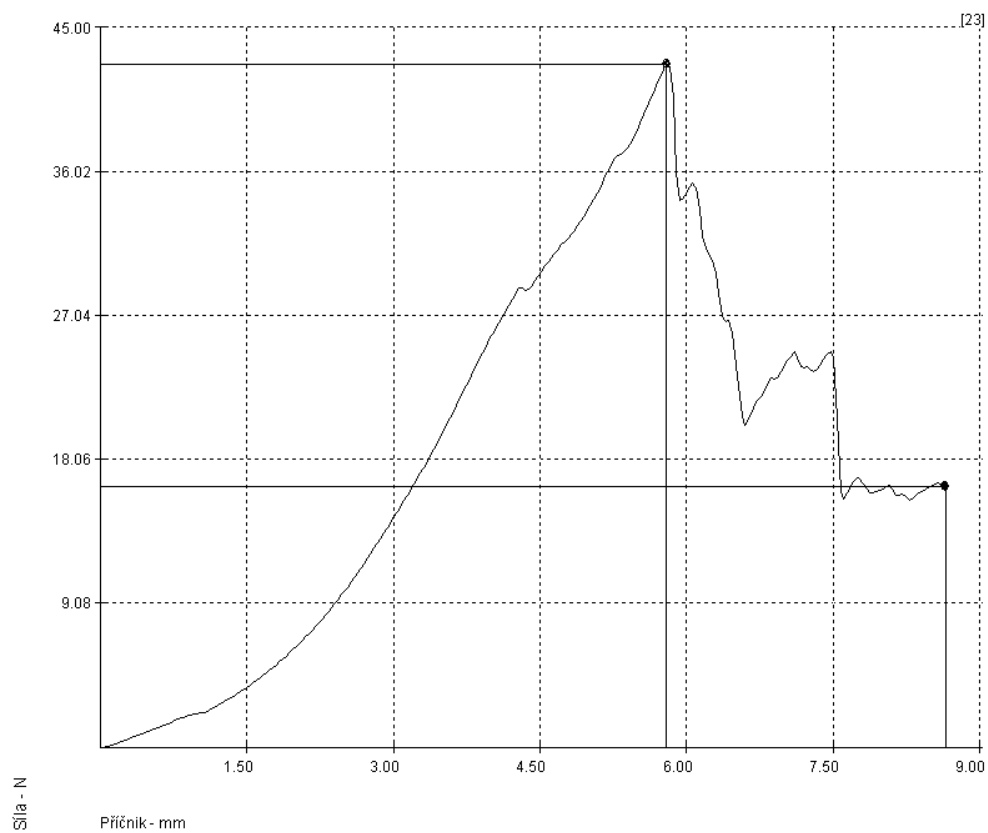


Graf 42: Série 10, vzorek 1

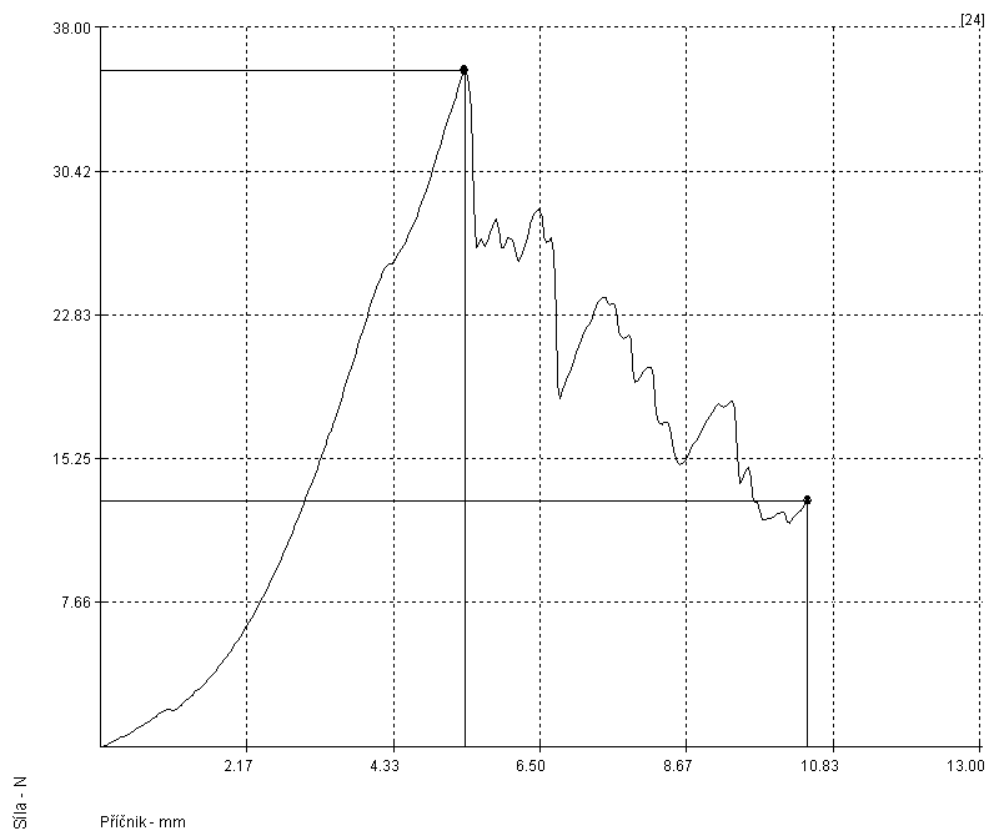
Příloha č. 3



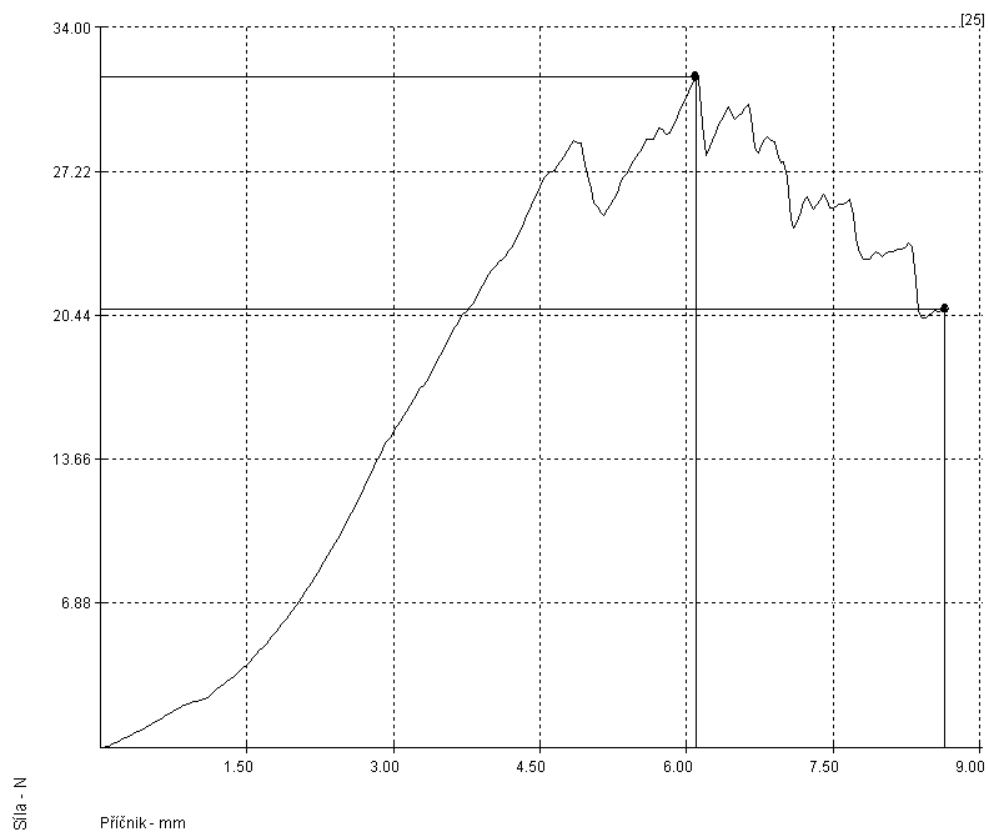
Graf 43: Série 10, vzorek 2



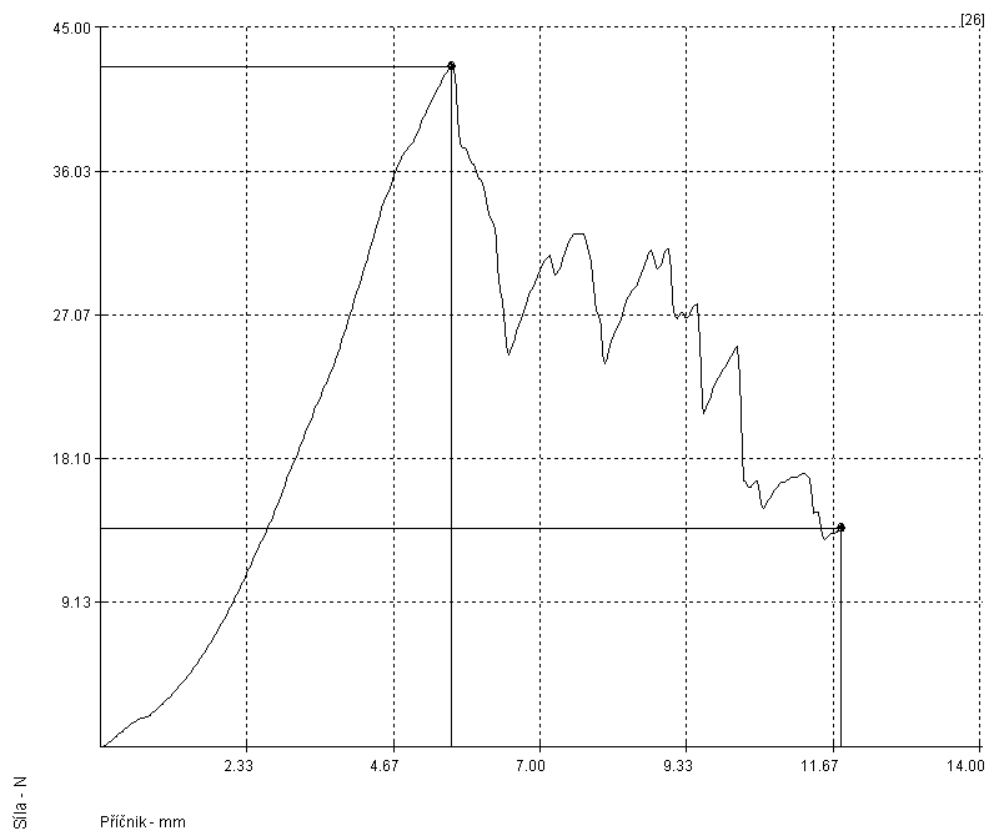
Graf 44: Série 10, vzorek 3



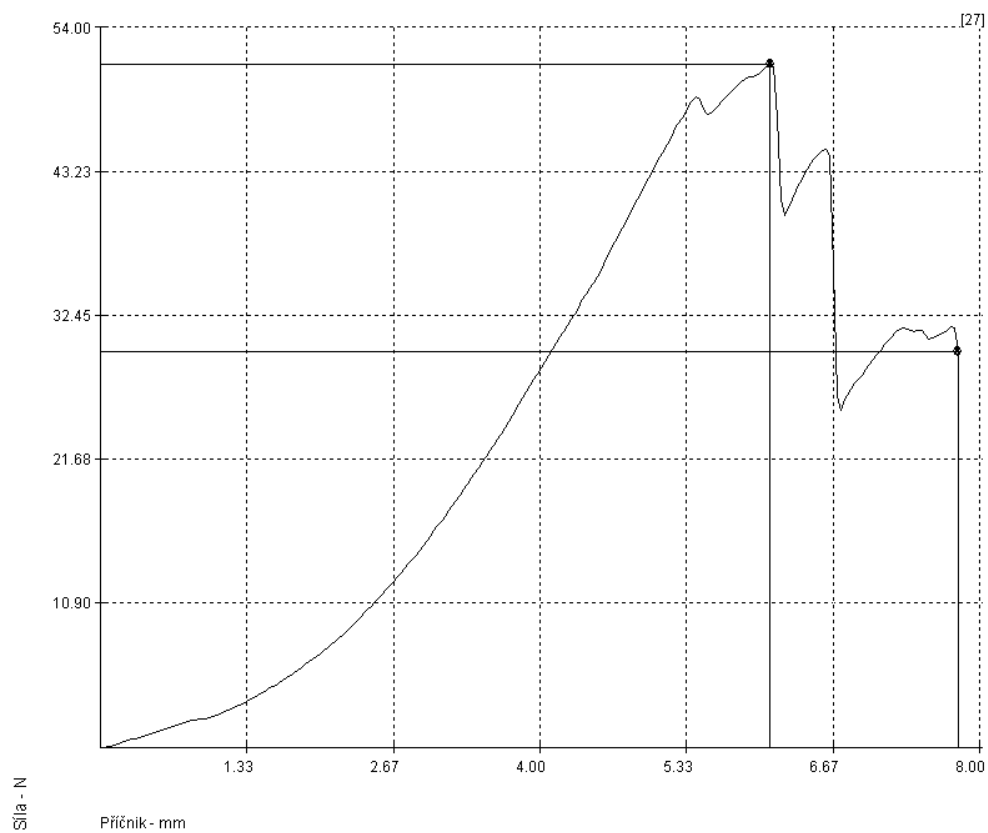
Graf 45: Série 10, vzorek 4



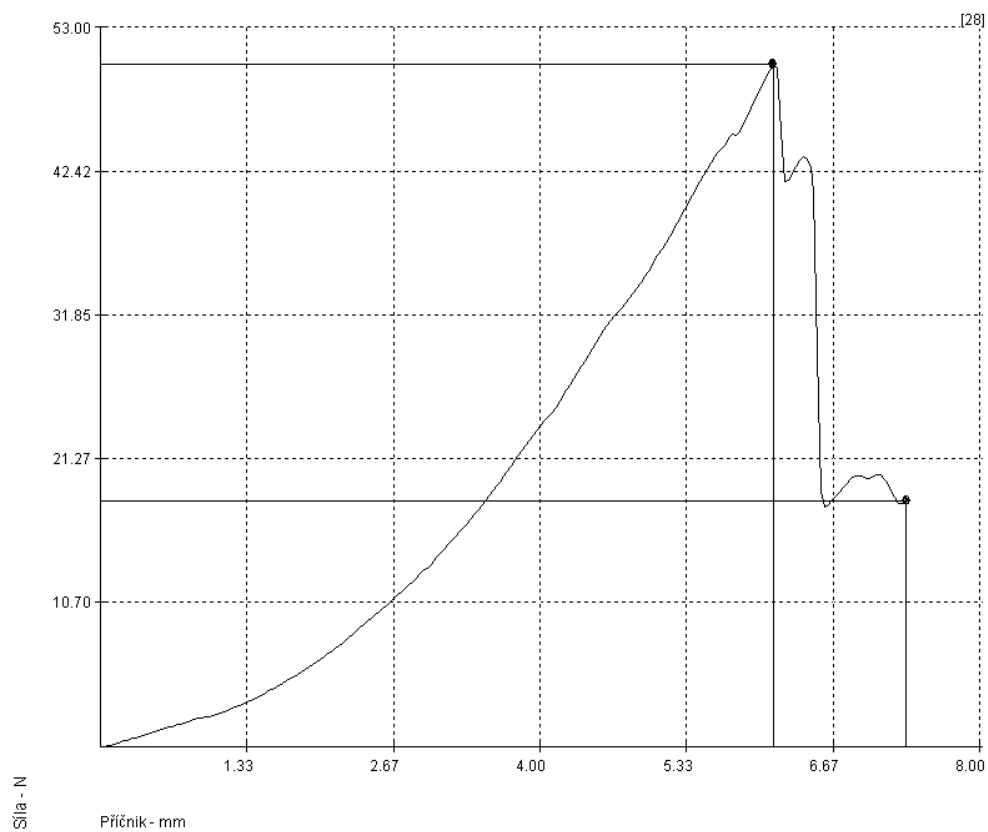
Graf 46: Série 10, vzorek 5



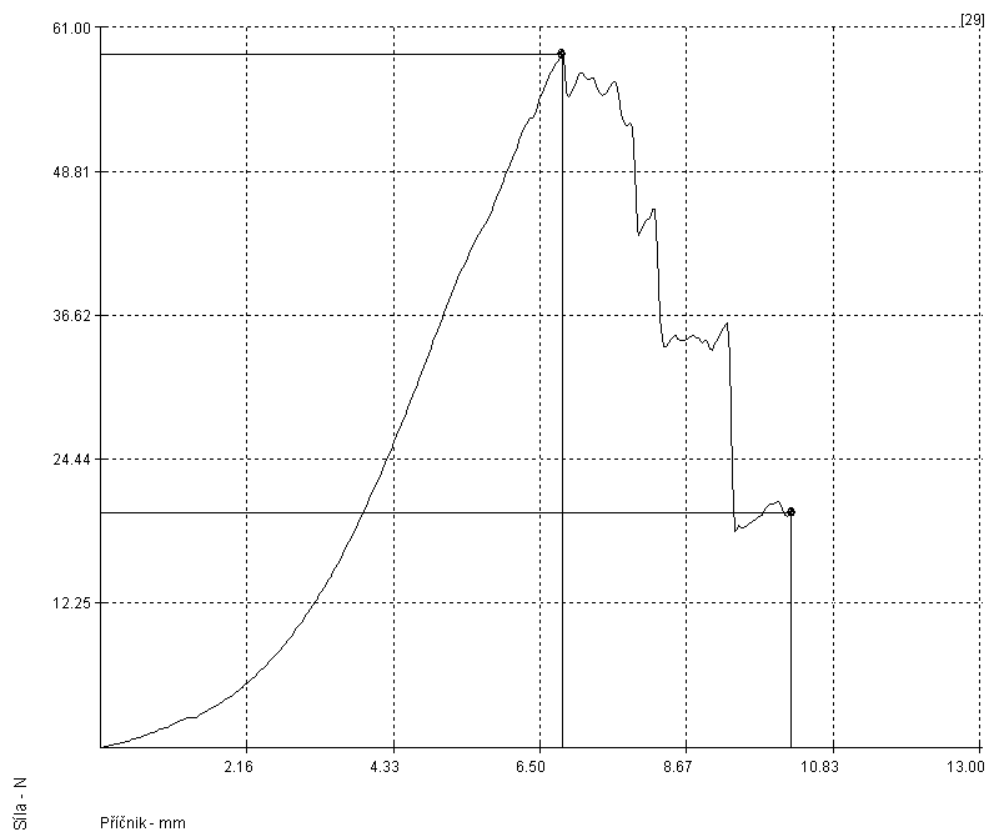
Graf 47: Série 11, vzorek 1



Graf 48: Série 11, vzorek 2

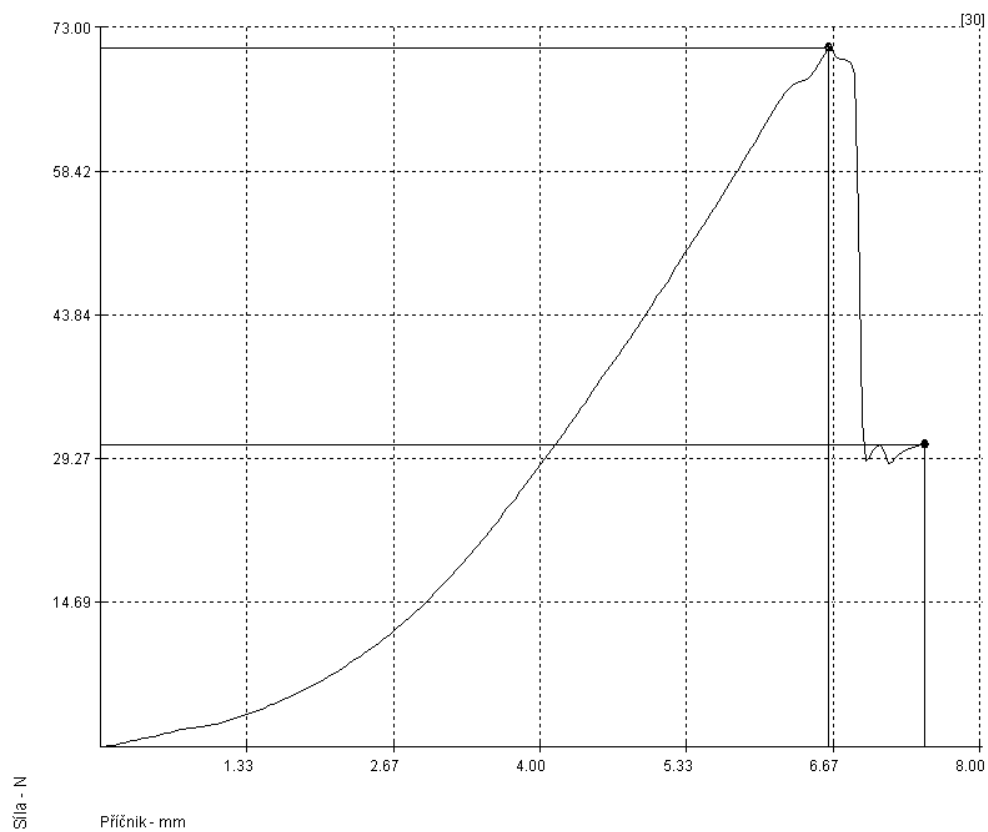


Graf 49: Série 11, vzorek 3

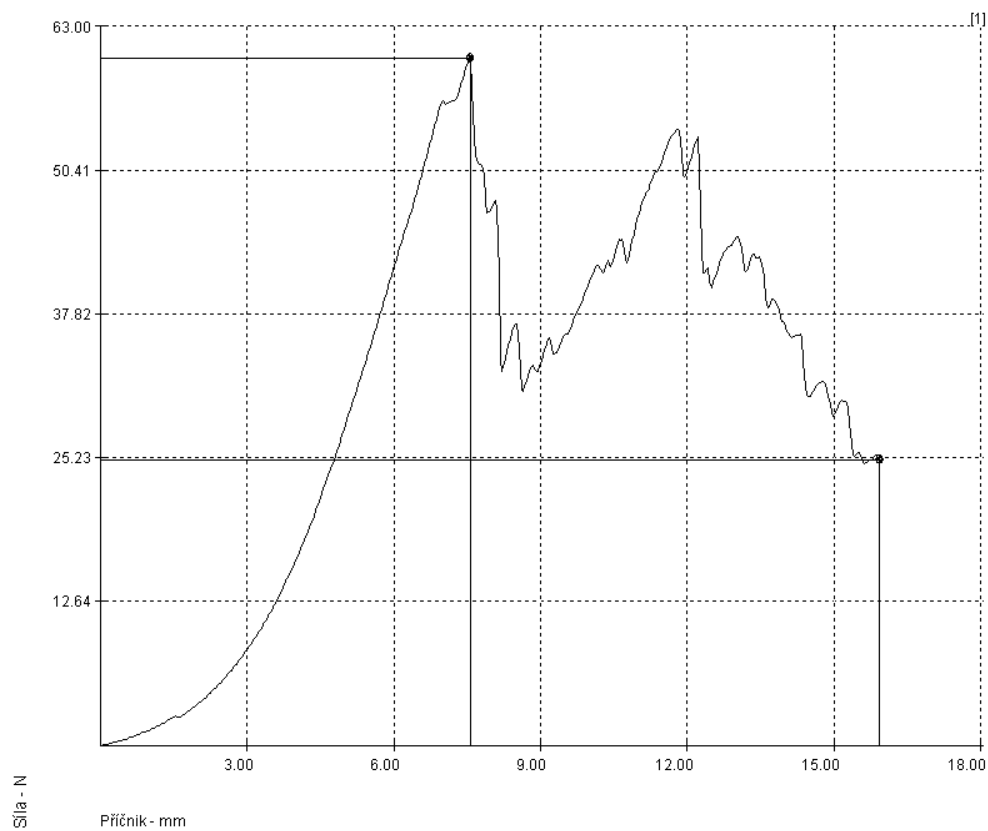


Graf 50: Série 11, vzorek 4

Příloha č. 3



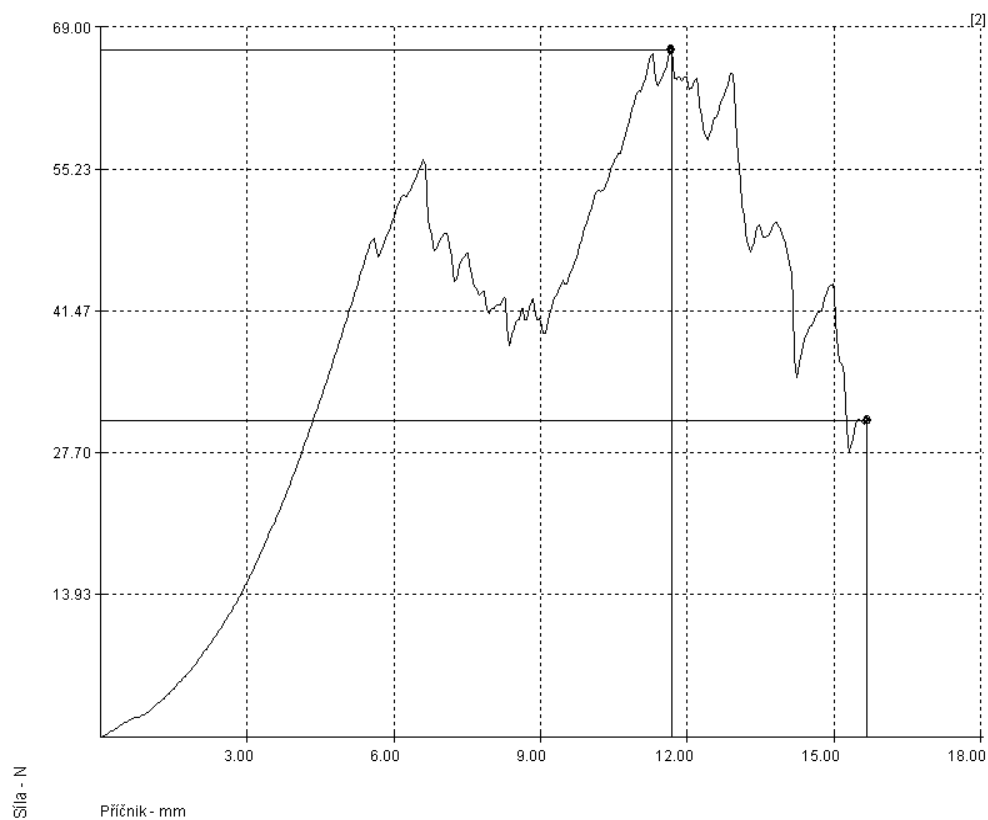
Graf 51: Série 11, vzorek 5



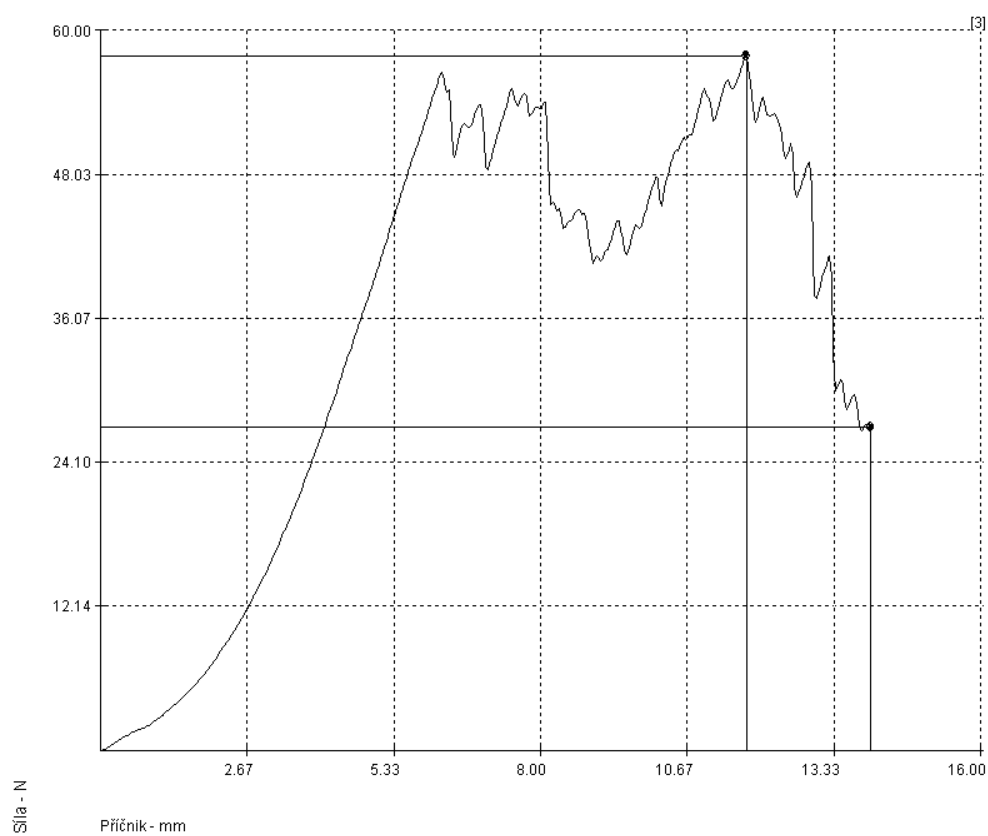
Graf 54:

Graf 52: Série 12, vzorek 1

Příloha č. 3

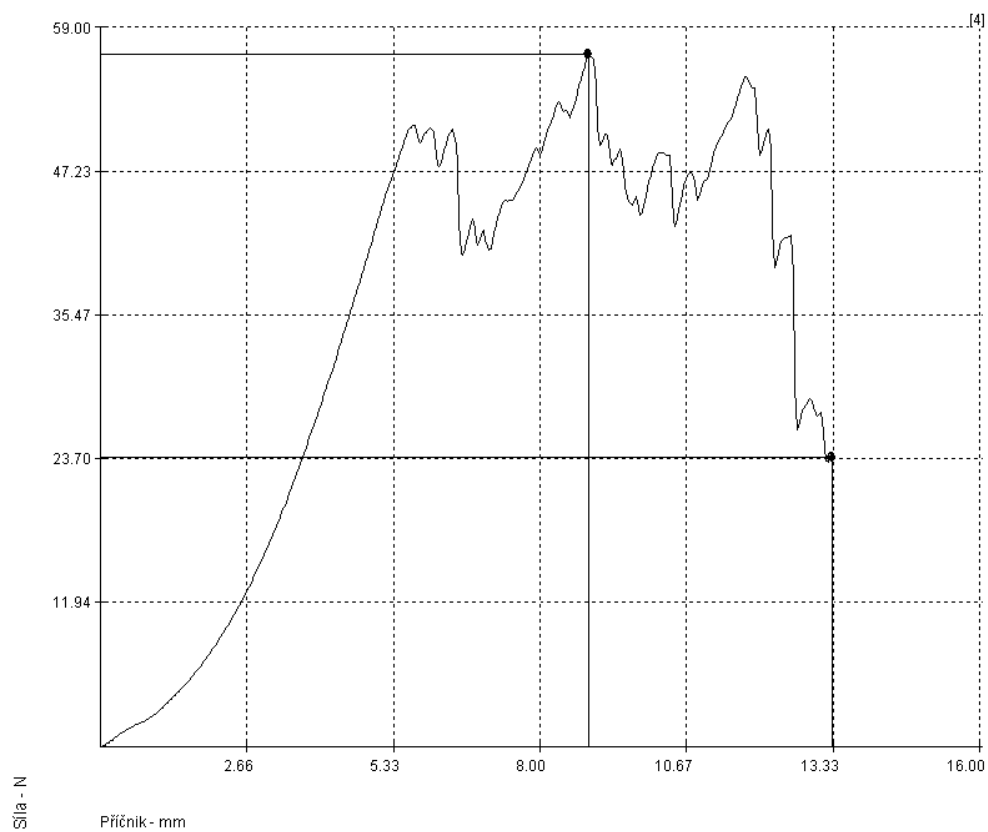


Graf 53: Série 12, vzorek 2

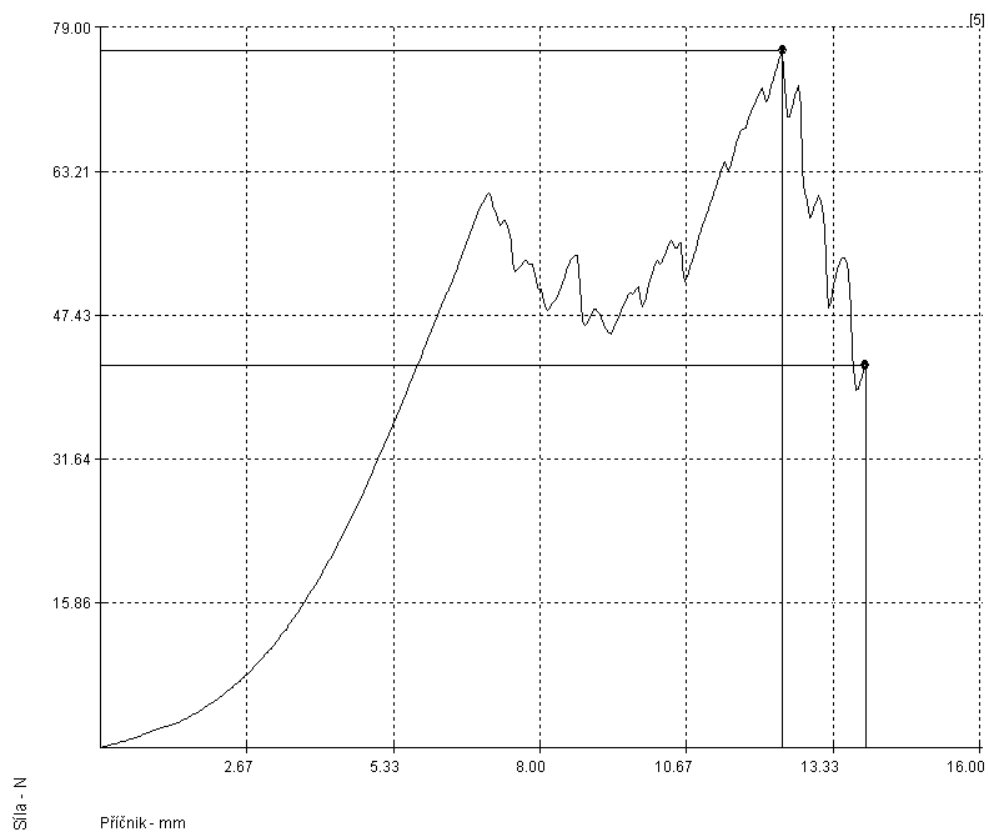


Graf 54: Série 12, vzorek 3

Příloha č. 3

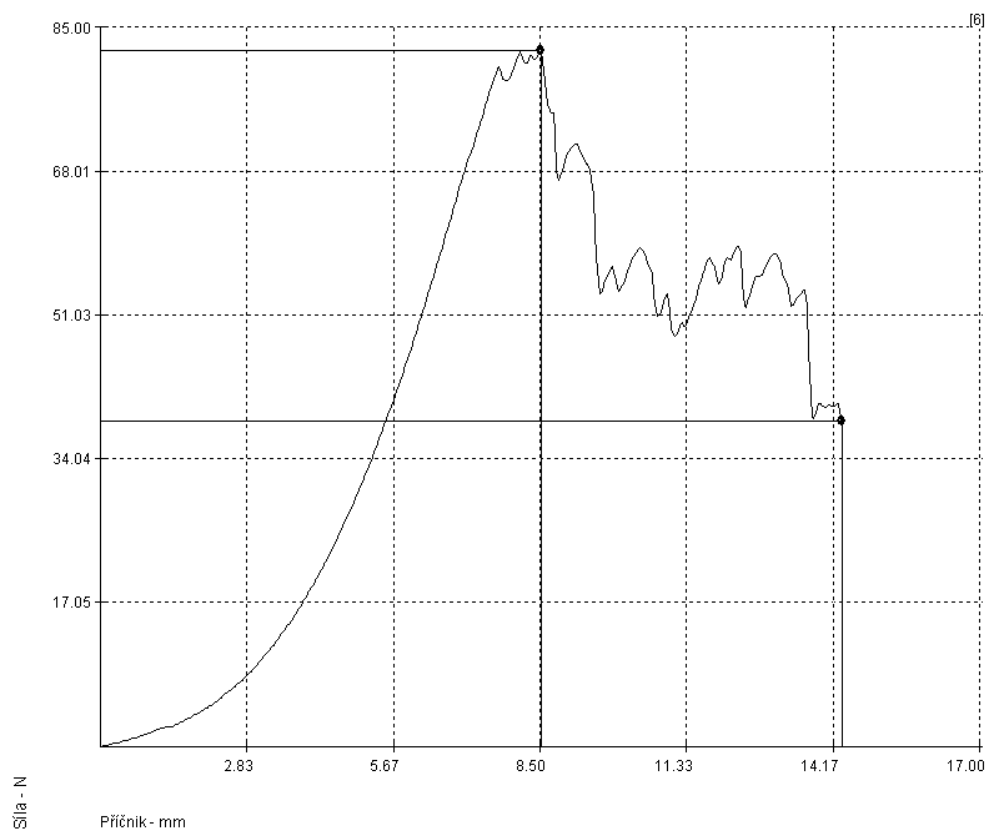


Graf 55: Série 12, vzorek 4

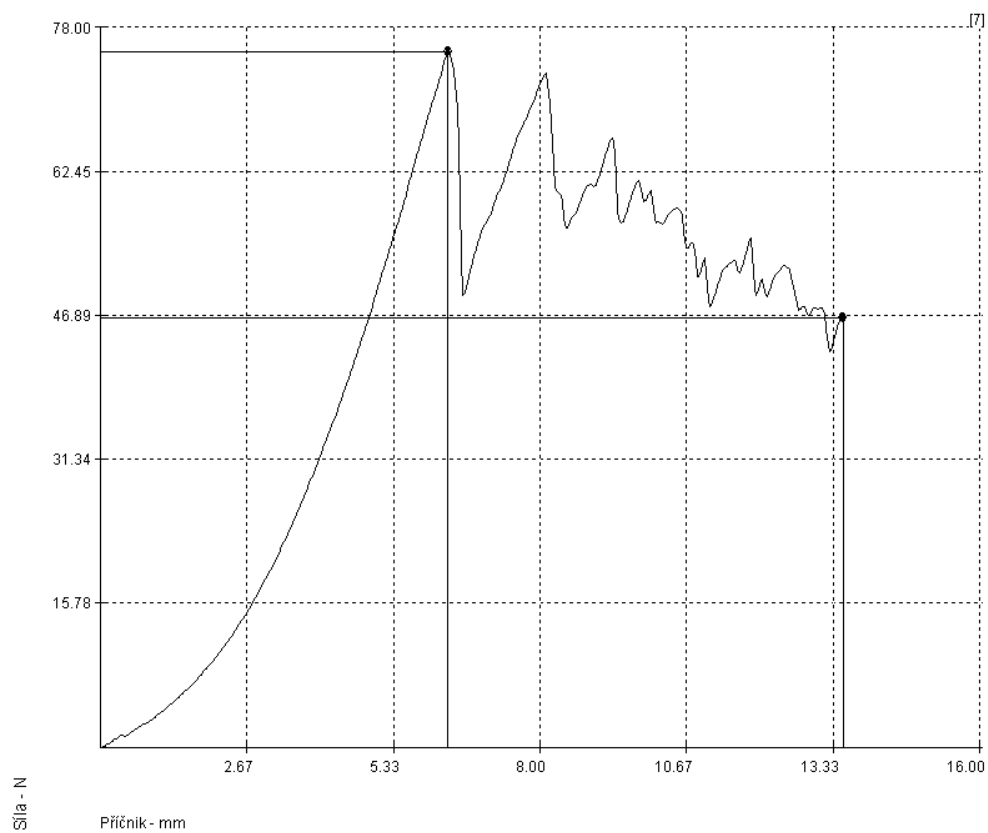


Graf 56: Série 12, vzorek 5

Příloha č. 3

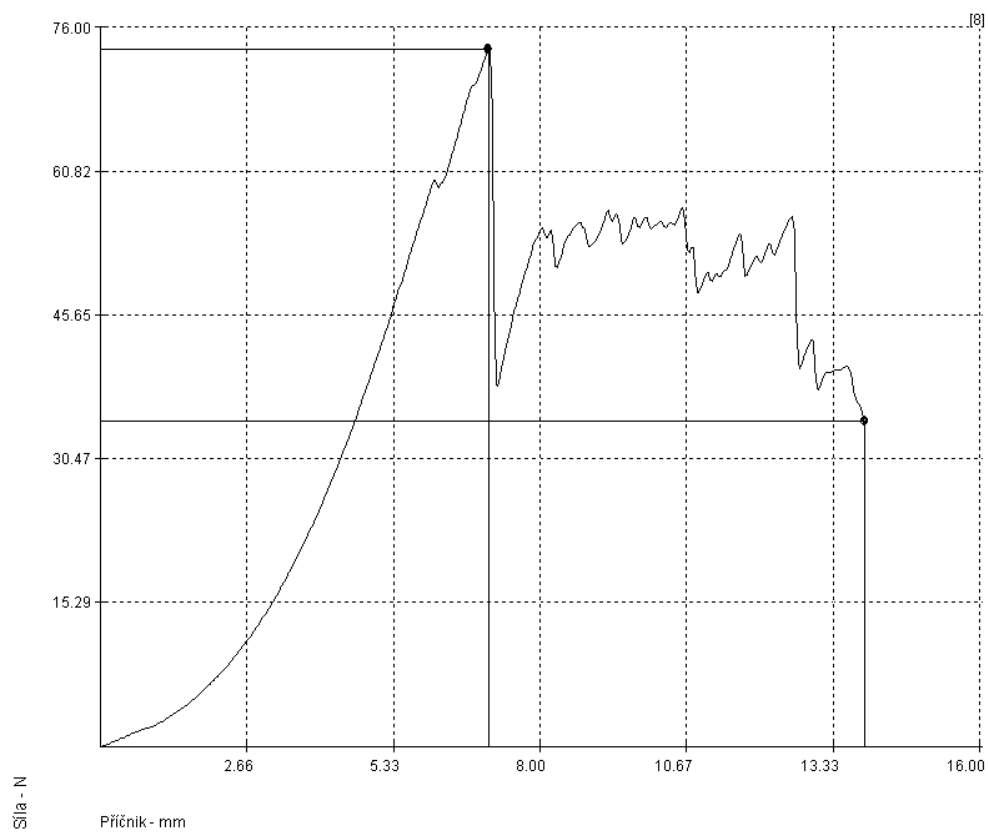


Graf 57: Série 13, vzorek 1

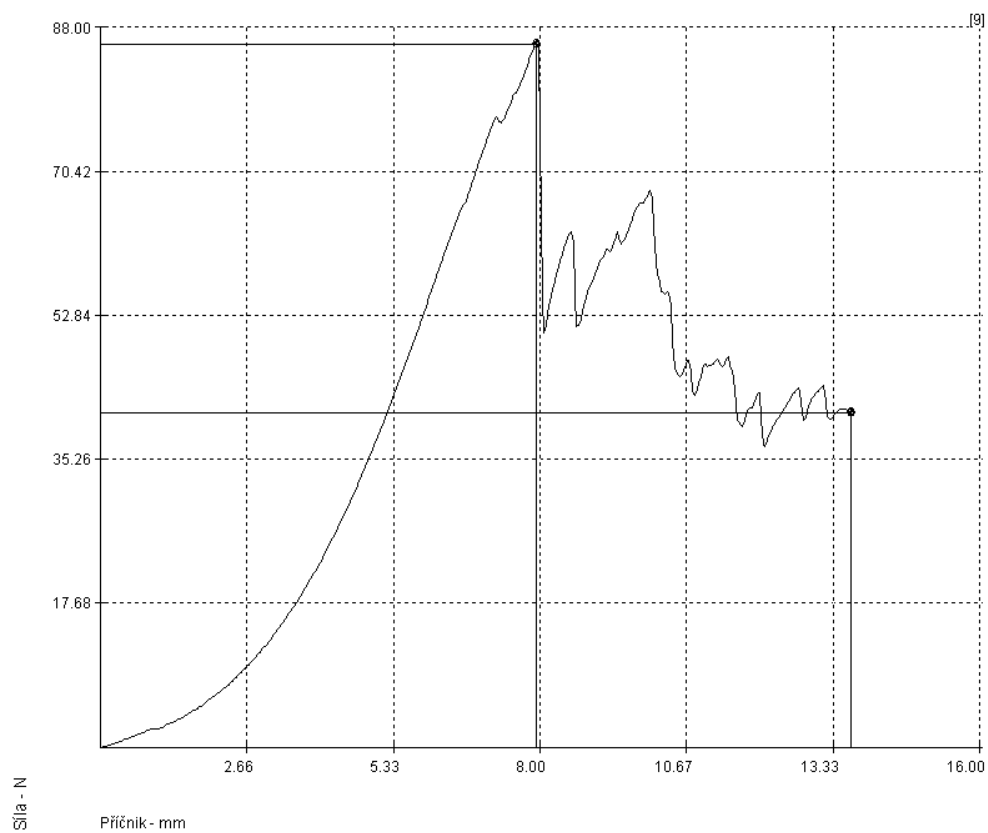


Graf 58: Série 13, vzorek 2

Příloha č. 3

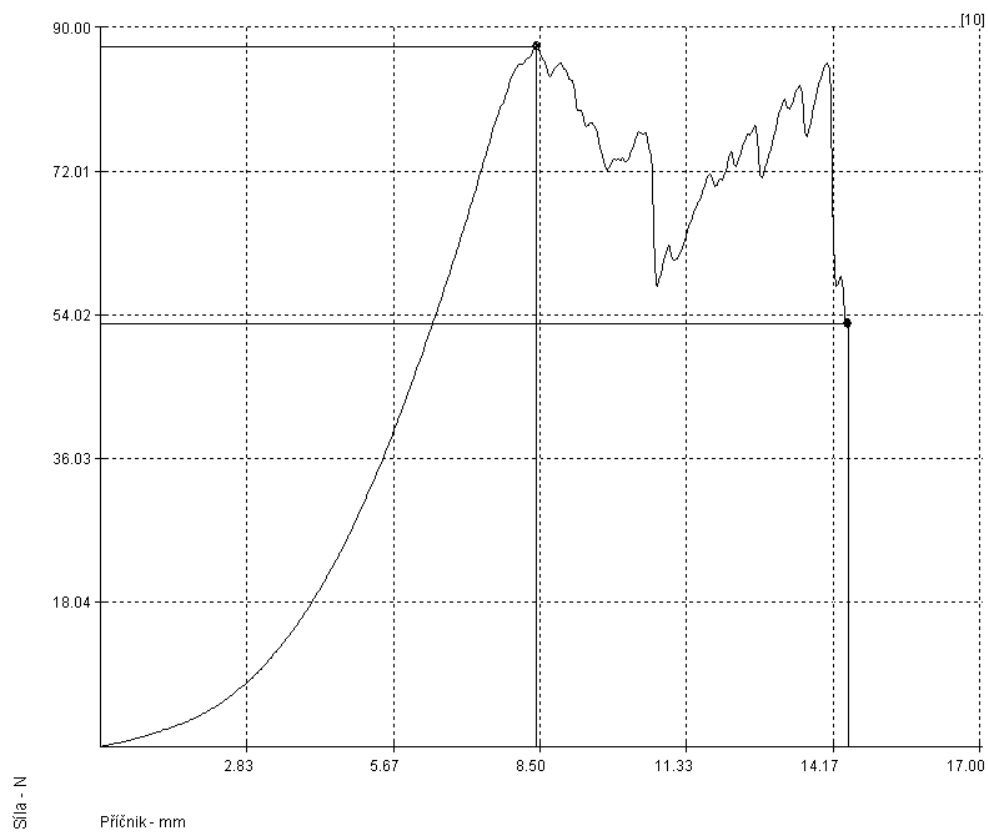


Graf 59: Série 13, vzorek 3

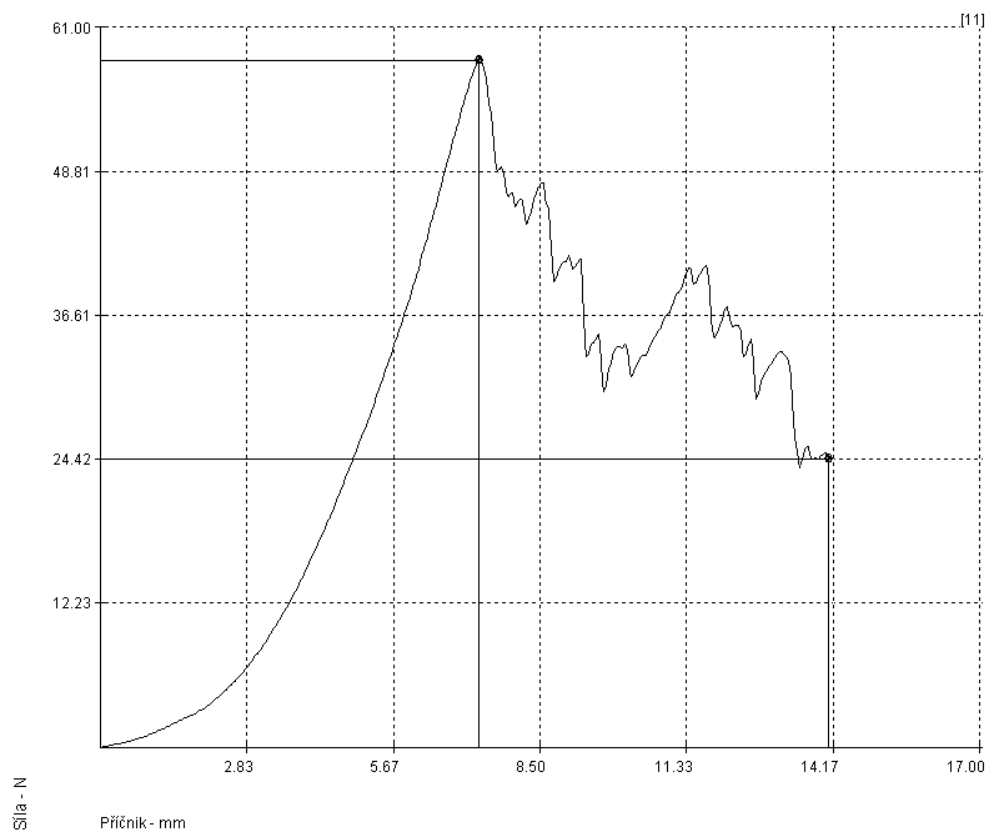


Graf 60: Série 13, vzorek 4

Příloha č. 3

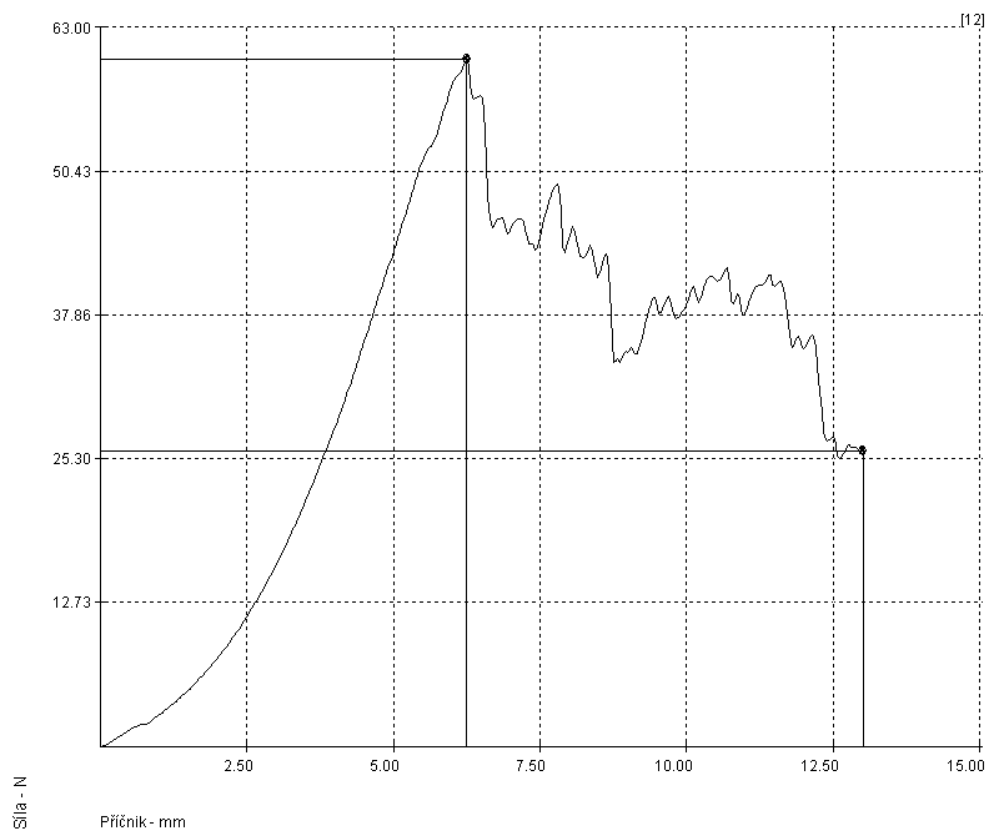


Graf 61: Série 13, vzorek 5

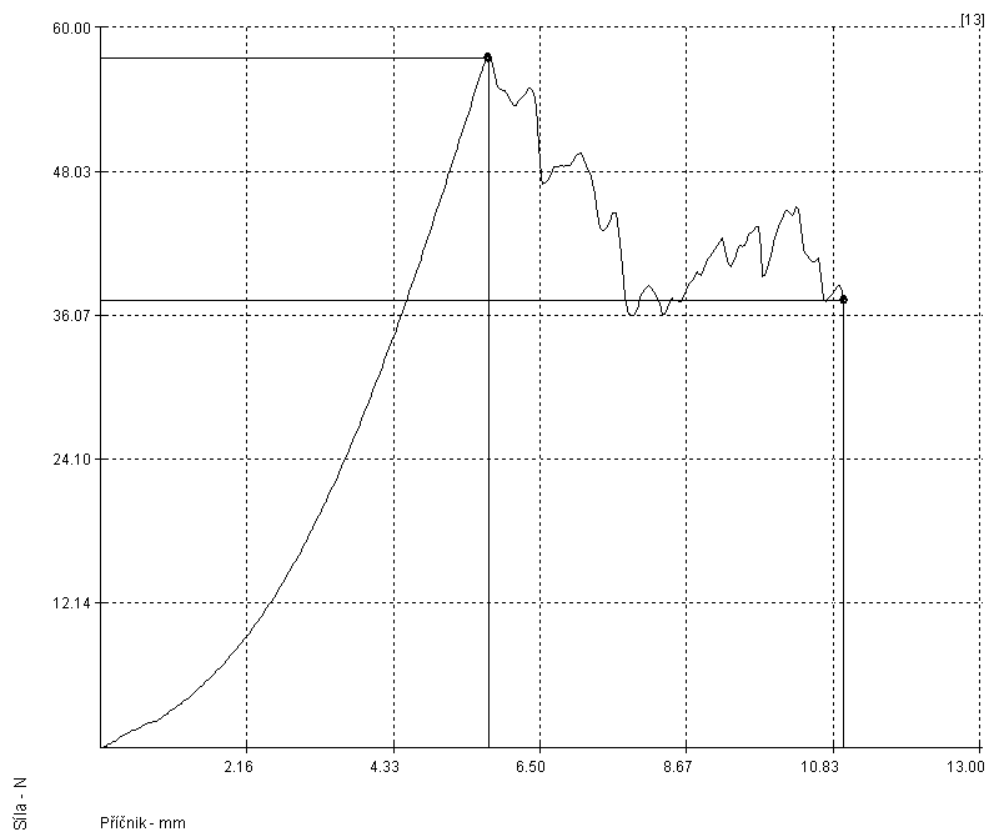


Graf 62: Série 14, vzorek 1

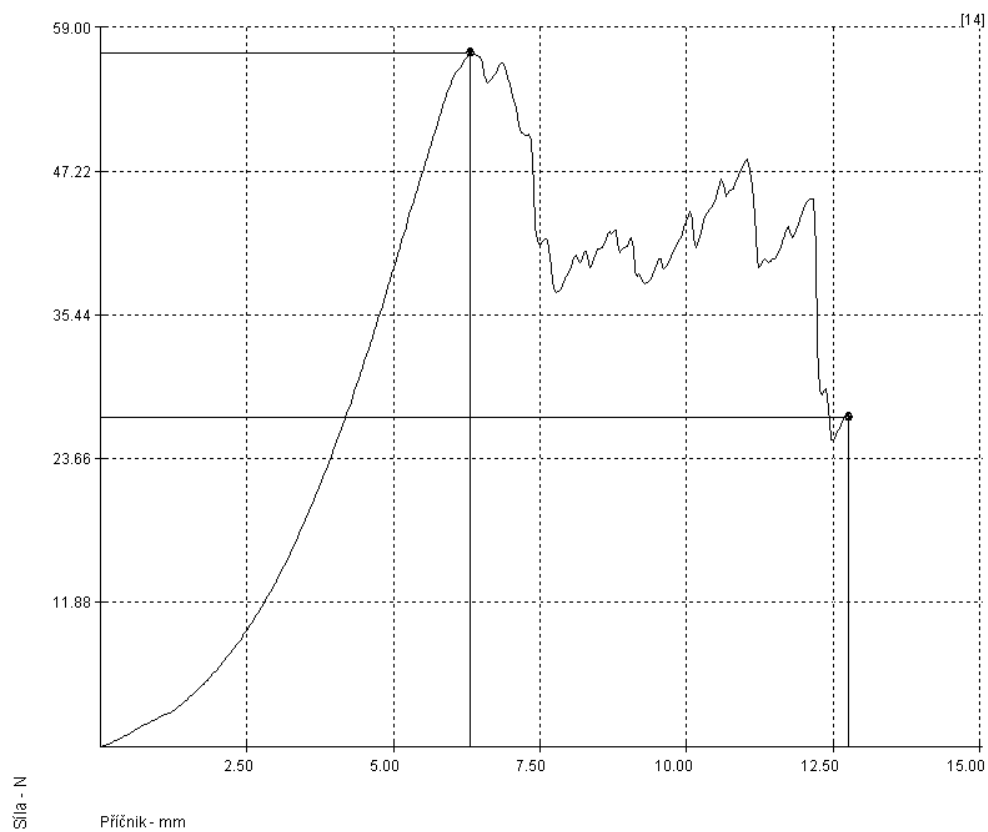
Příloha č. 3



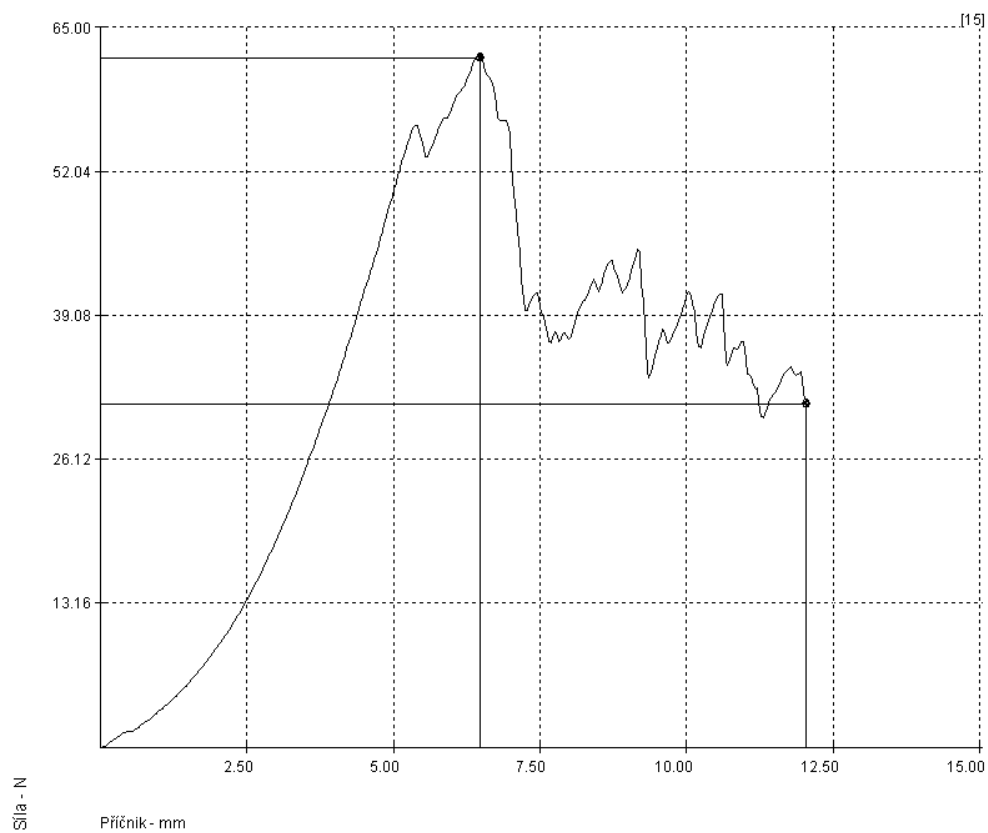
Graf 63: Série 14, vzorek 2



Graf 64: Série 14, vzorek 3

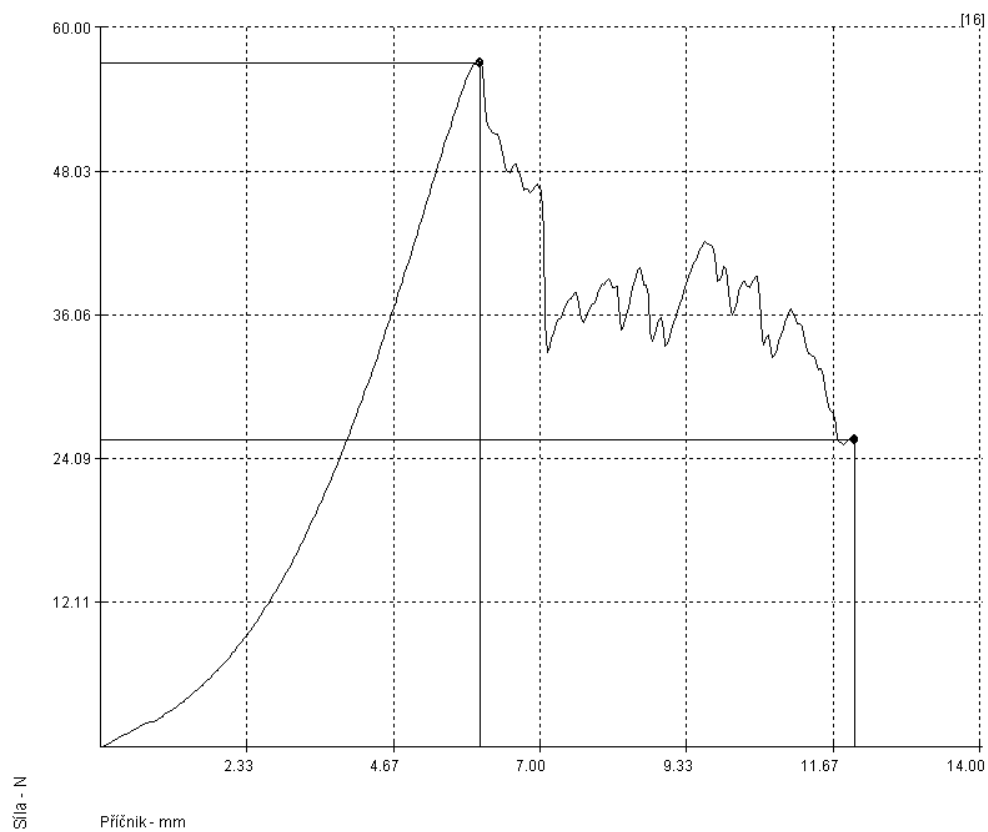


Graf 65: Série 14, vzorek 4

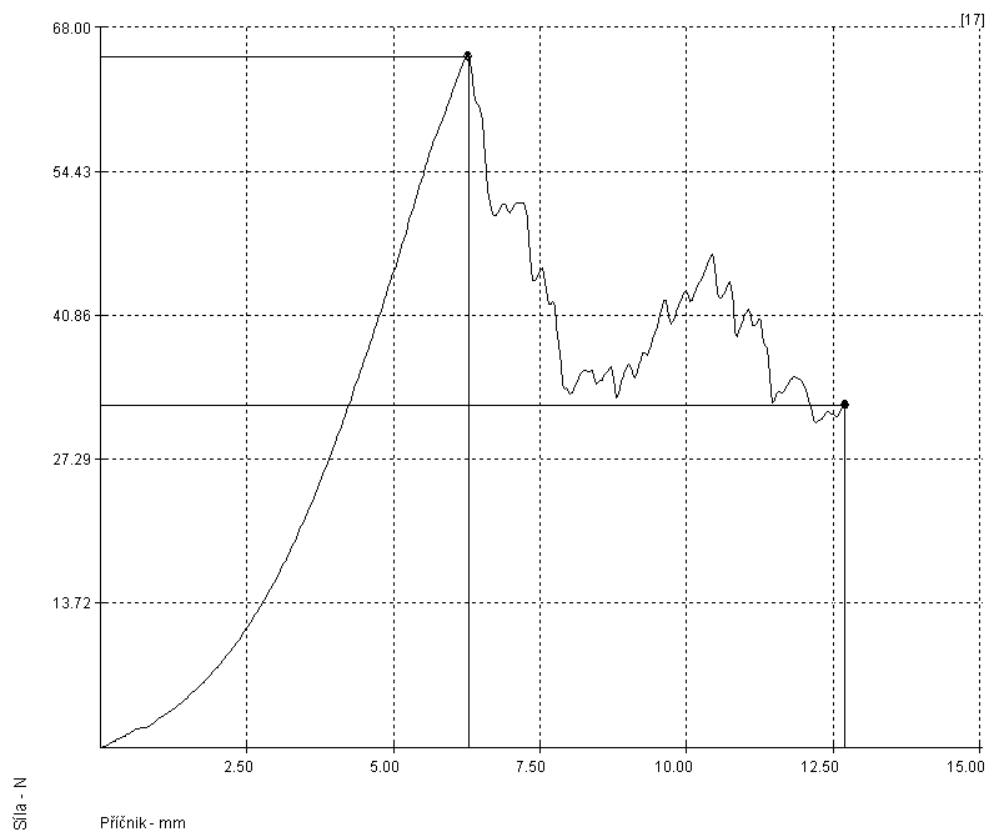


Graf 66: Série 14, vzorek 5

Příloha č. 3

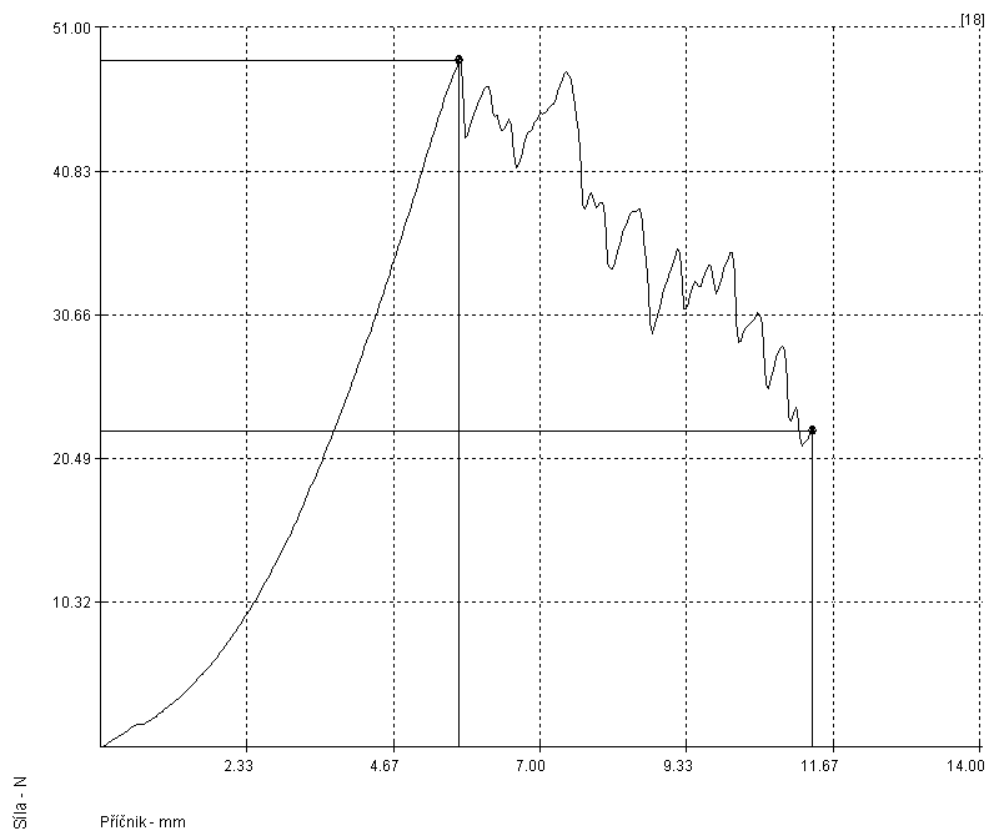


Graf 67: Série 15, vzorek 1

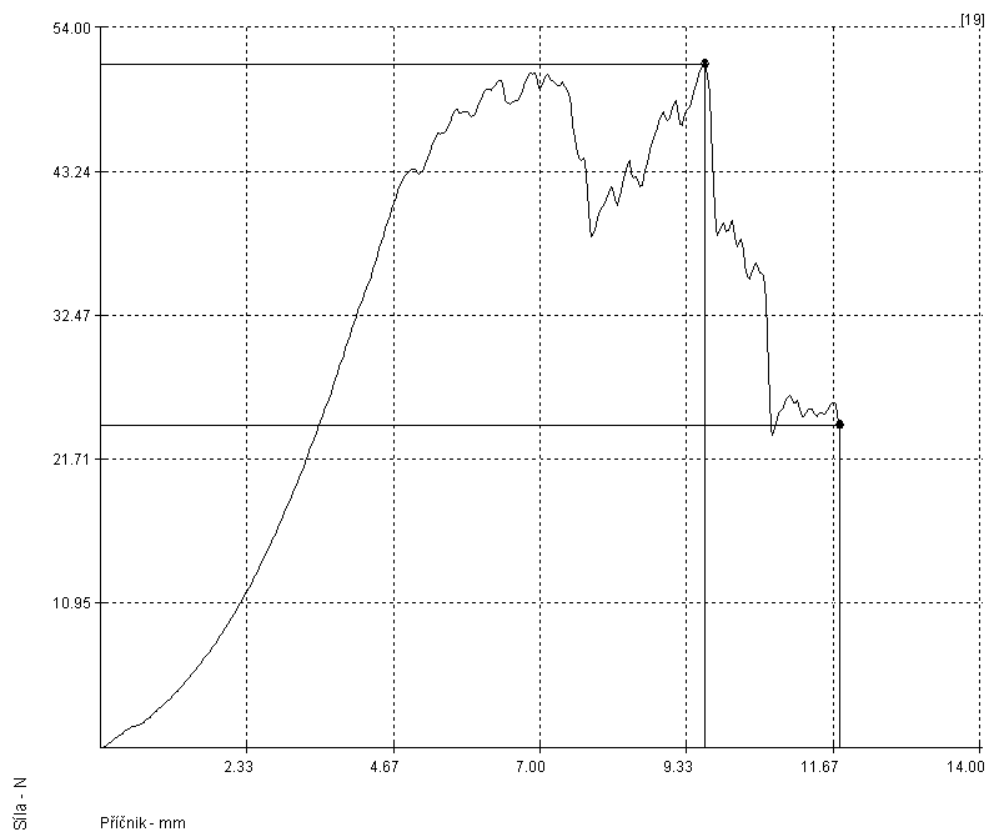


Graf 68: Série 15, vzorek 2

Příloha č. 3

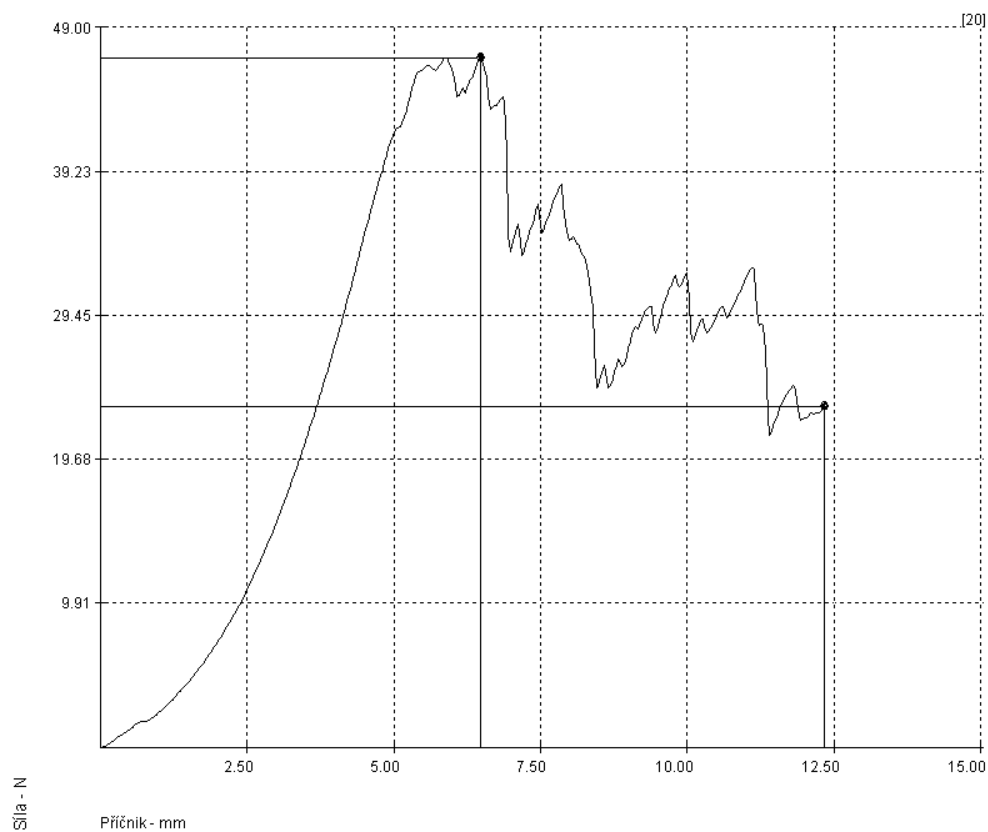


Graf 69: Série 15, vzorek 3

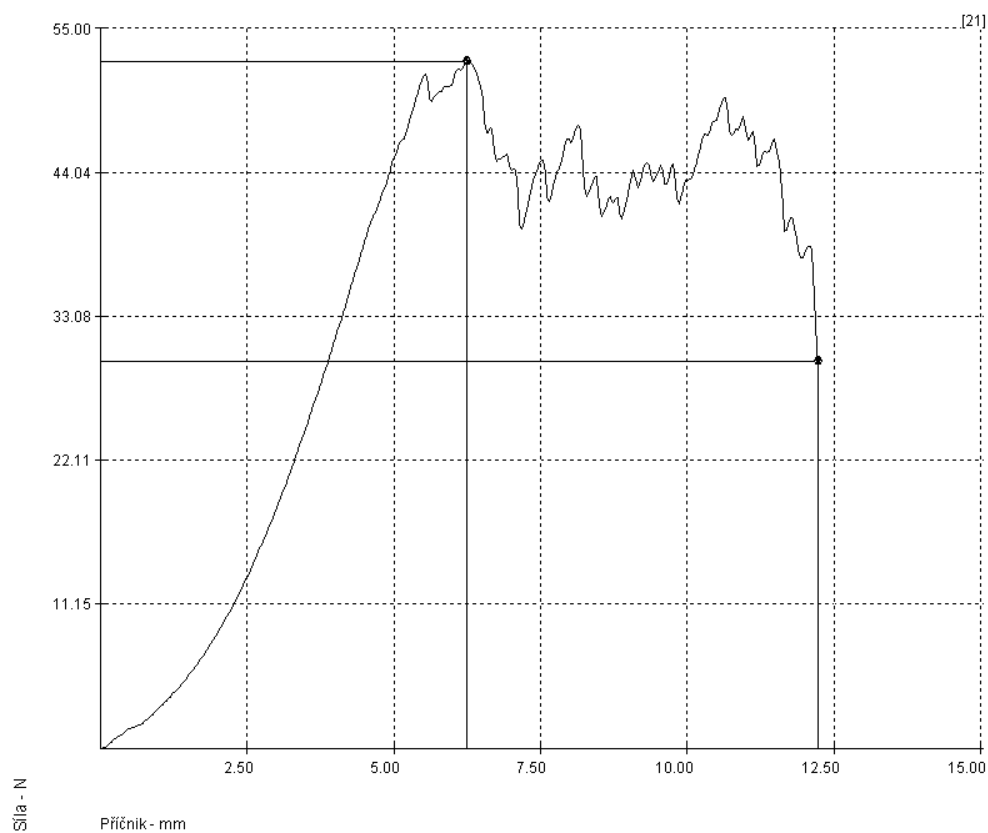


Graf 70: Série 15, vzorek 4

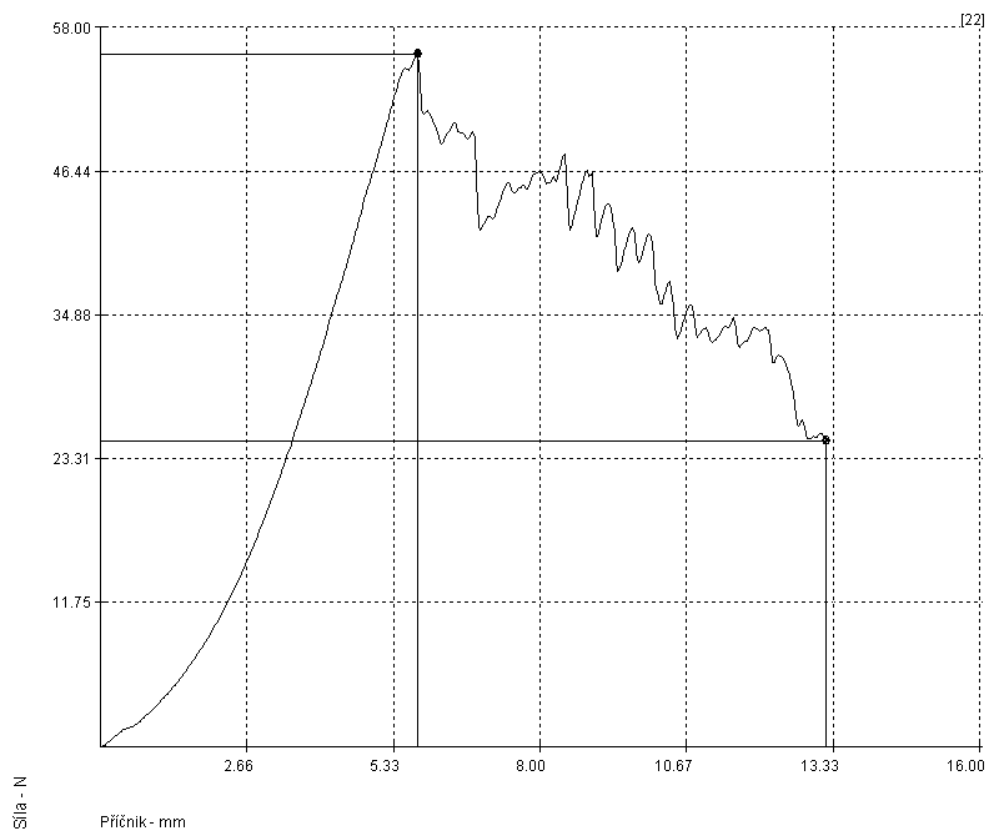
Příloha č. 3



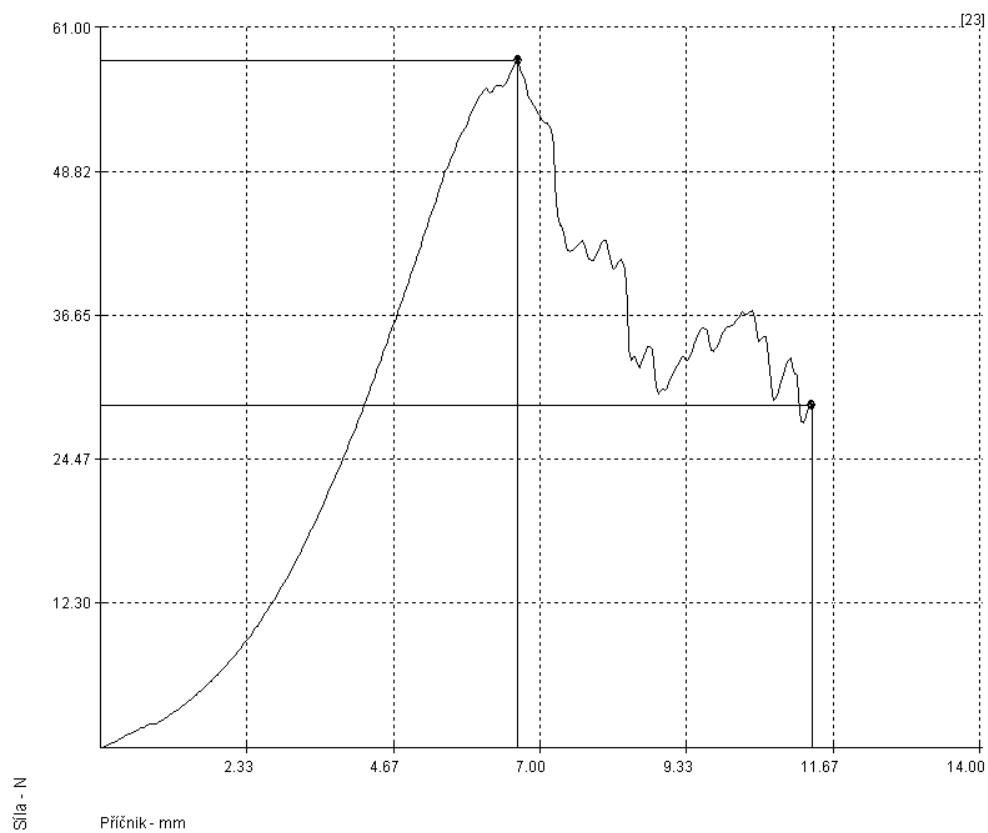
Graf 71: Série 15, vzorek 5



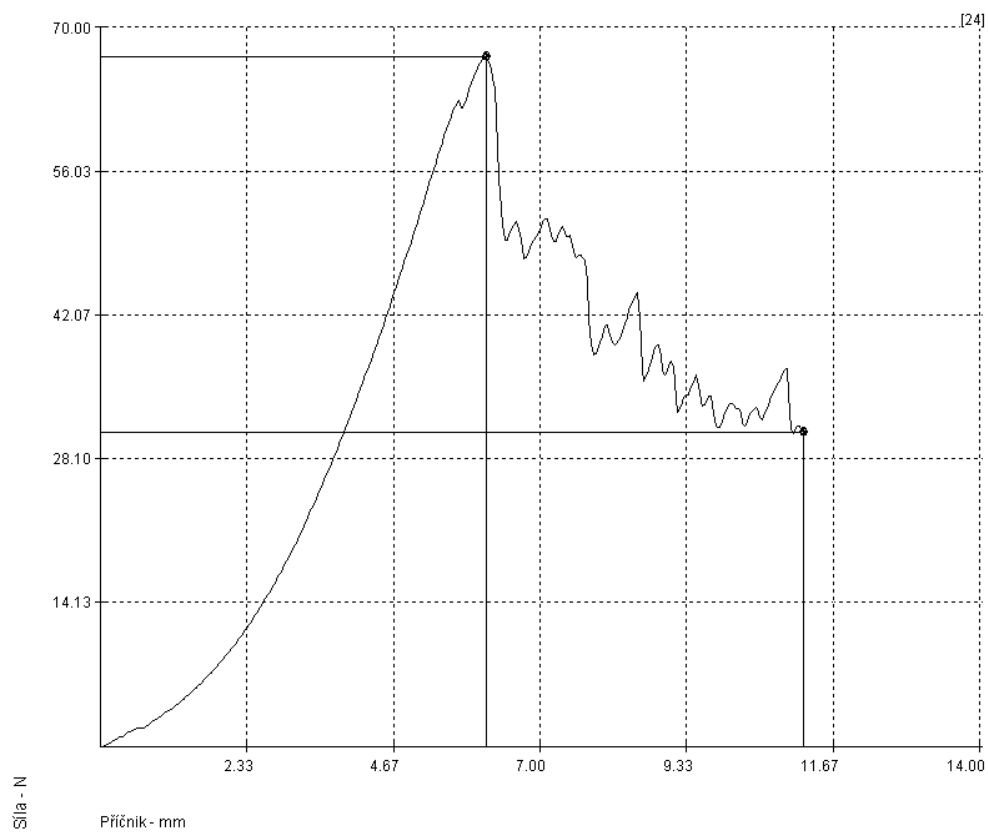
Graf 72: Série 16, vzorek 1



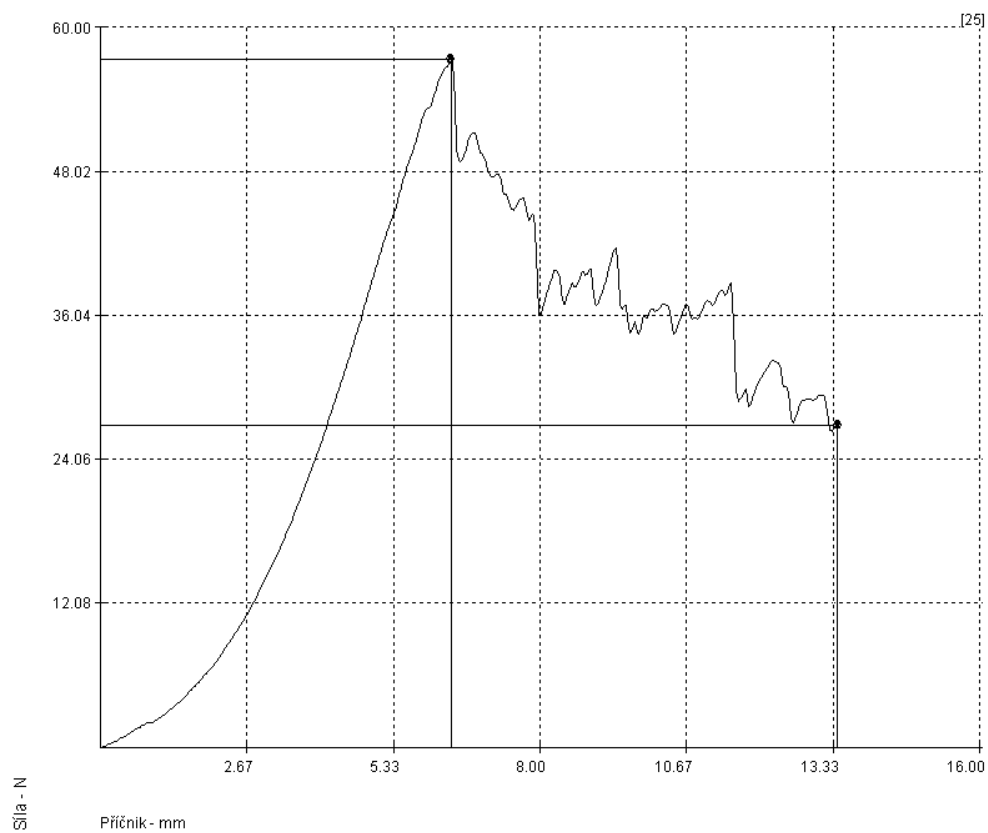
Graf 73: Série 16, vzorek 2



Graf 74 : Série 16, vzorek 3

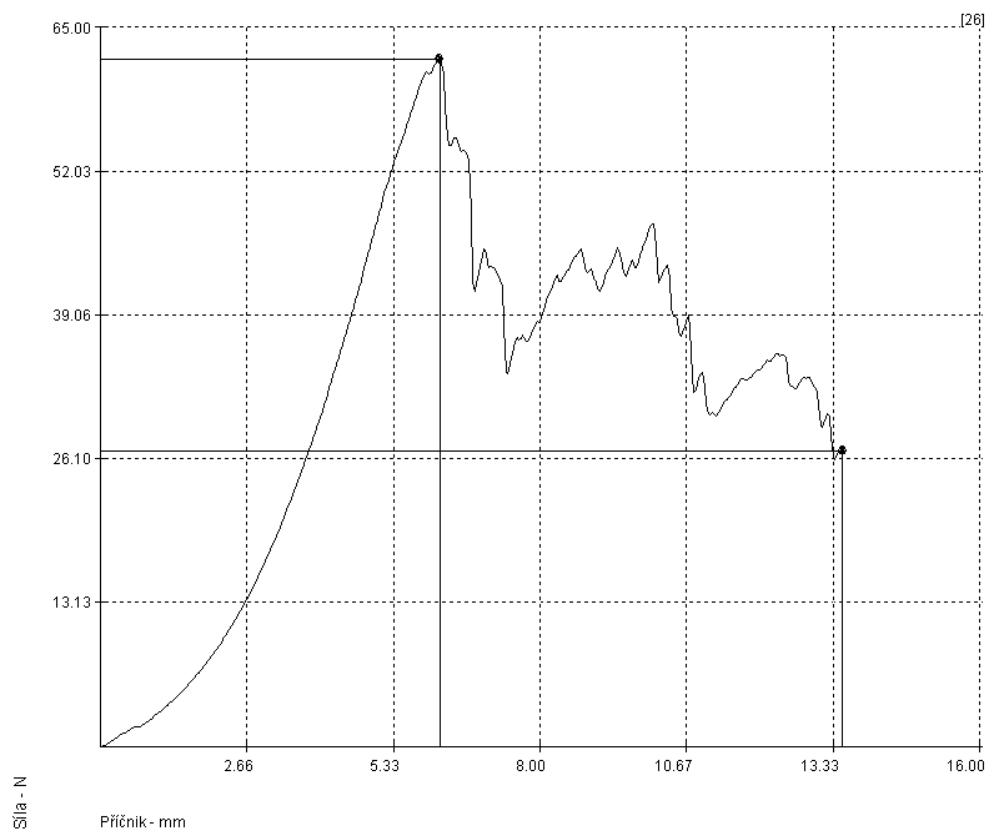


Graf 75: Série 16, vzorek 4

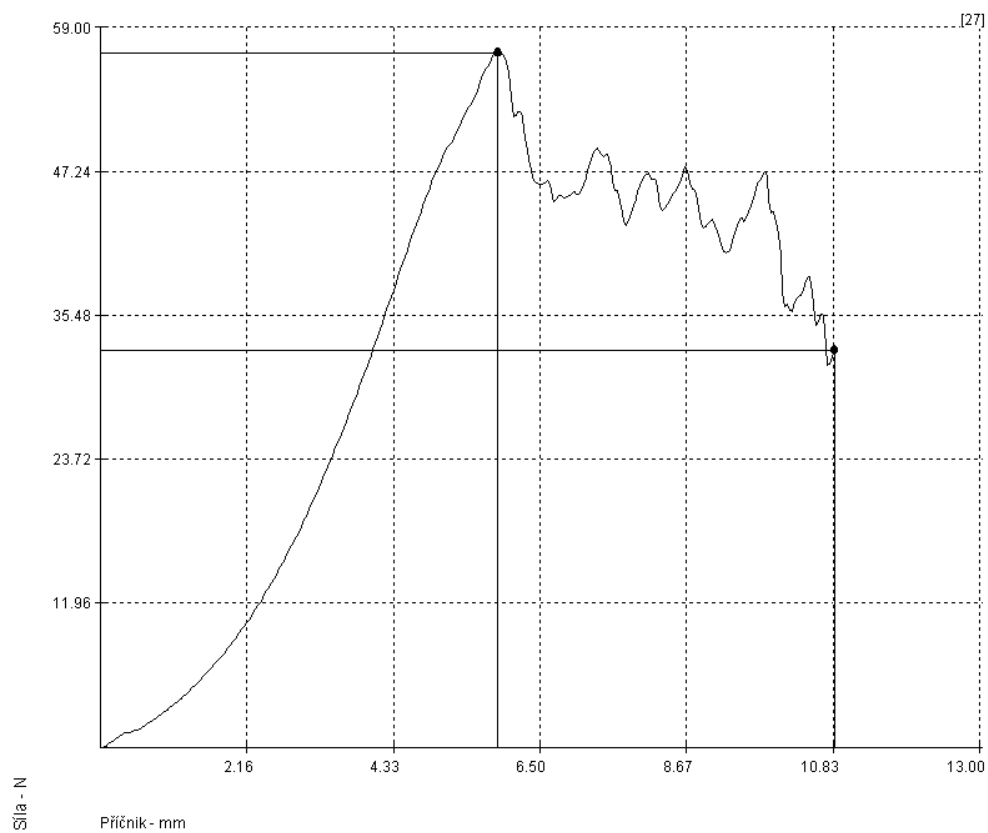


Graf 76: Série 16, vzorek 5

Příloha č. 3

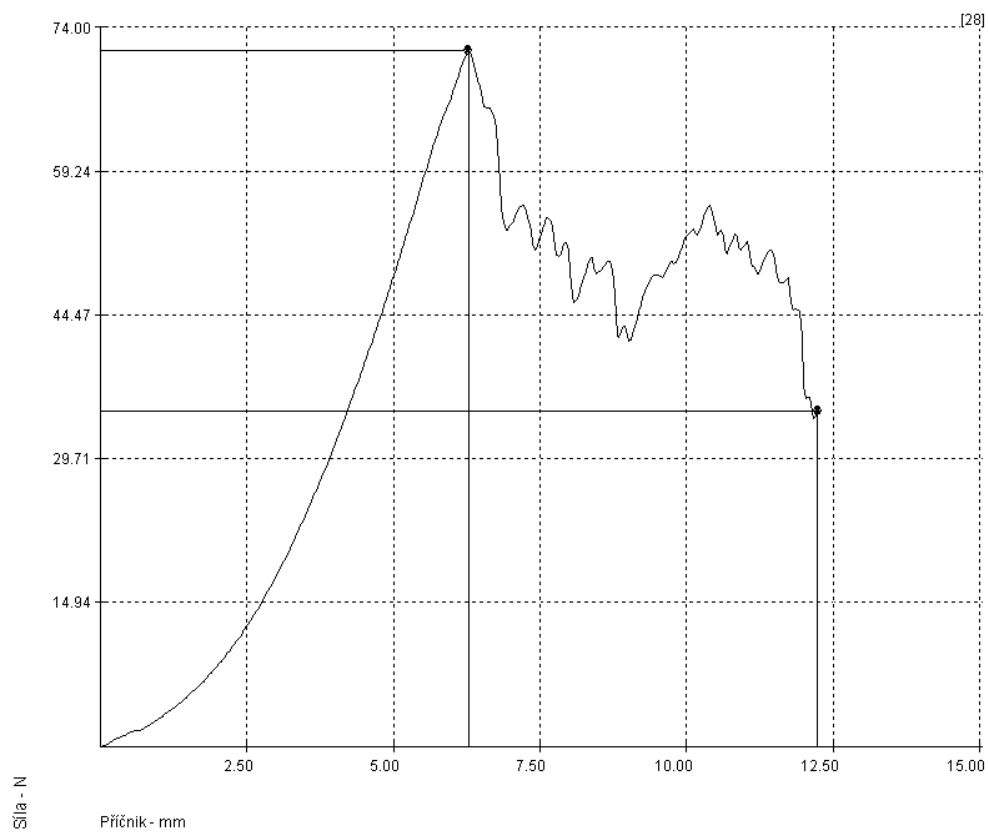


Graf 77: Série 17, vzorek 1

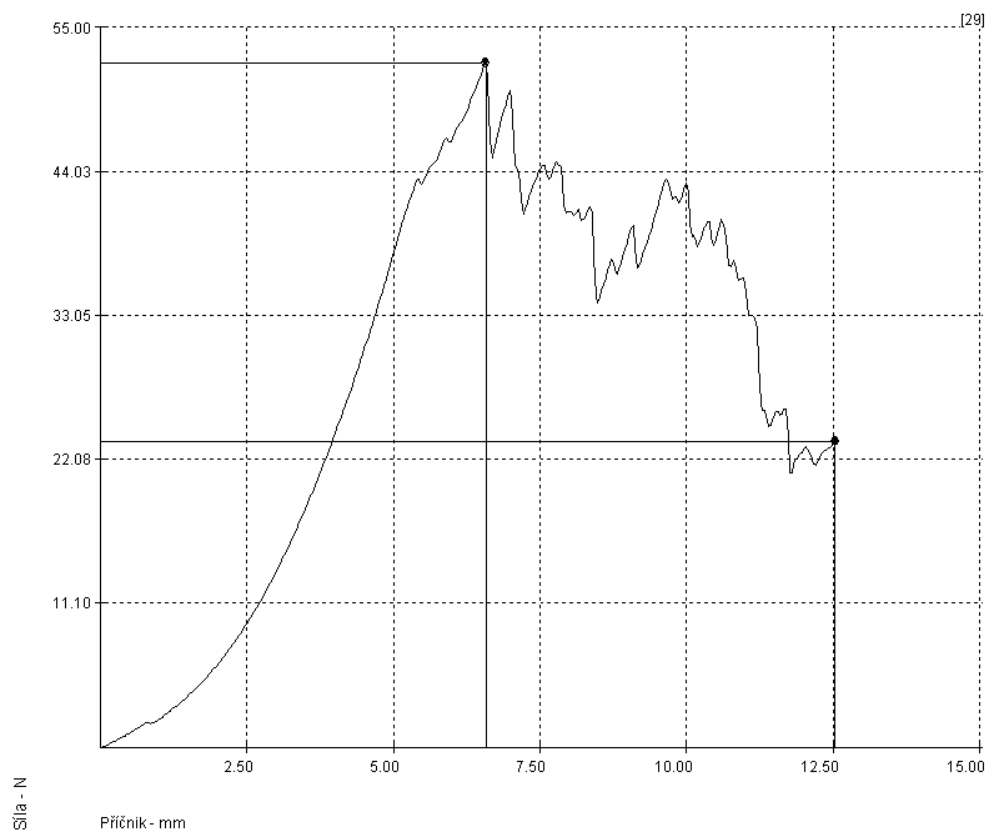


Graf 78: Série 17, vzorek 2

Příloha č. 3

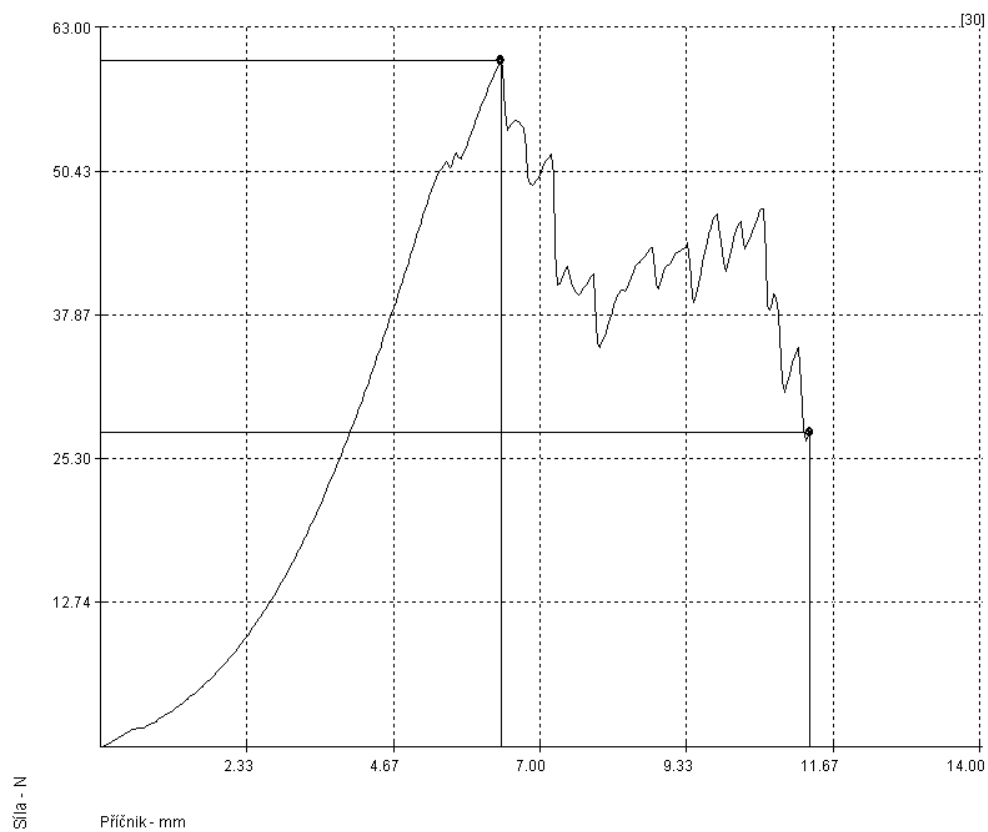


Graf 79: Série 17, vzorek 3

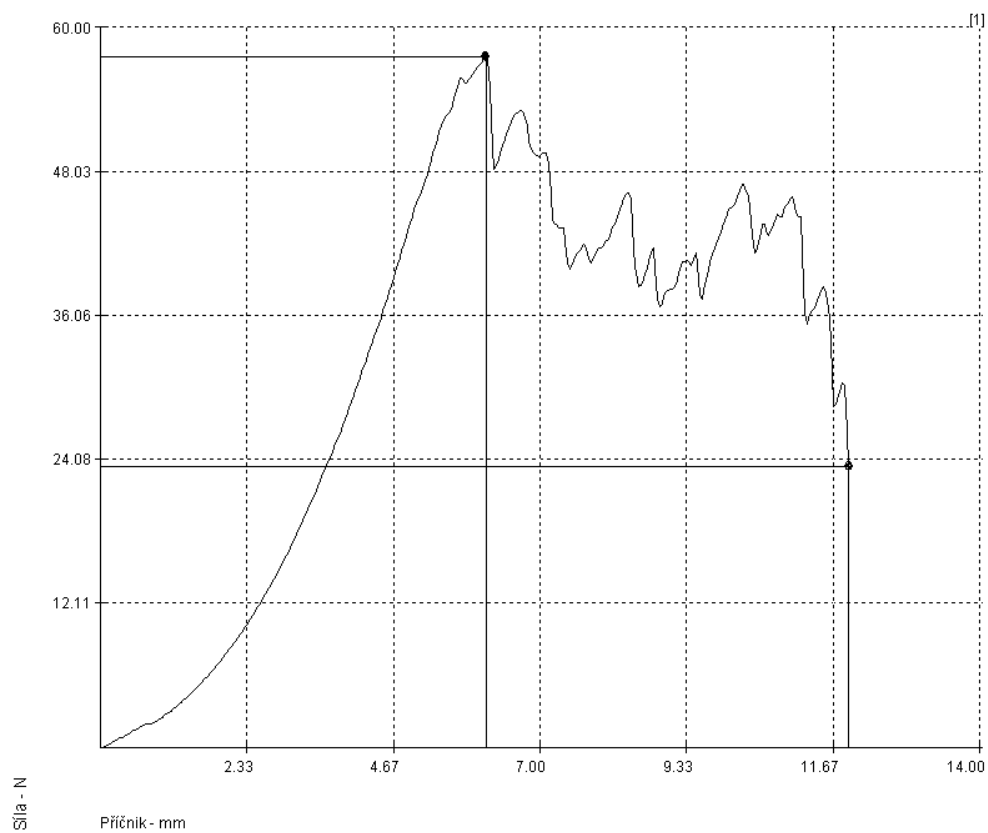


Graf 80: Série 17, vzorek 4

Příloha č. 3

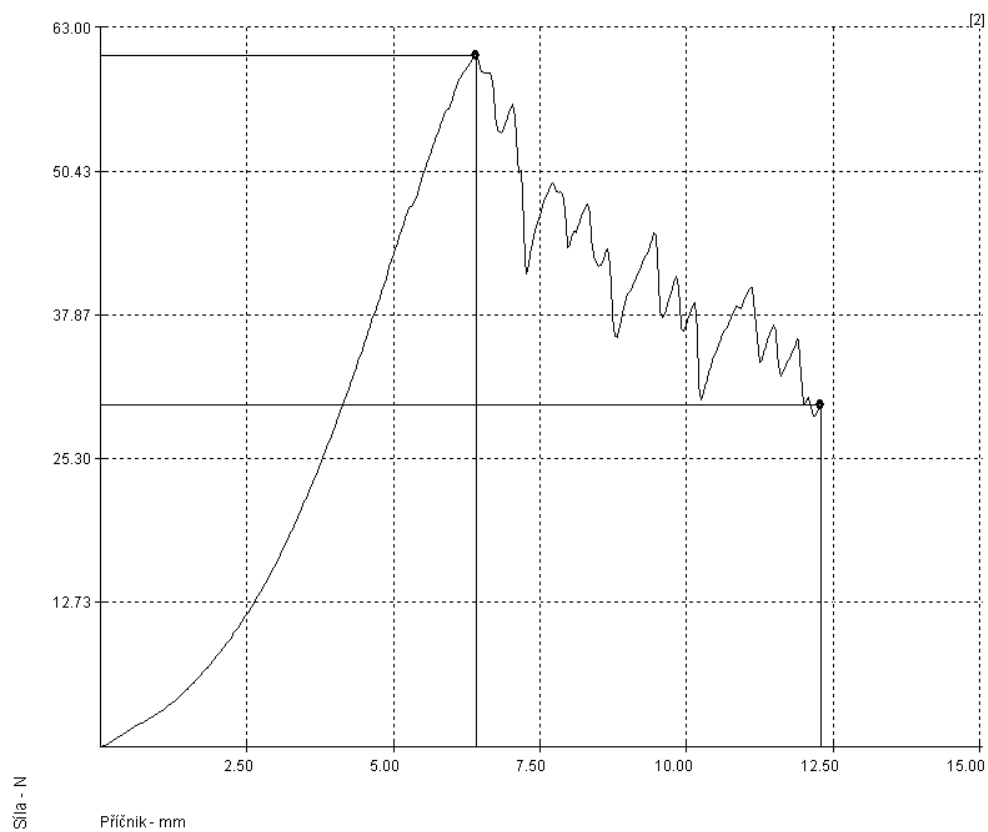


Graf 81: Série 17, vzorek 5

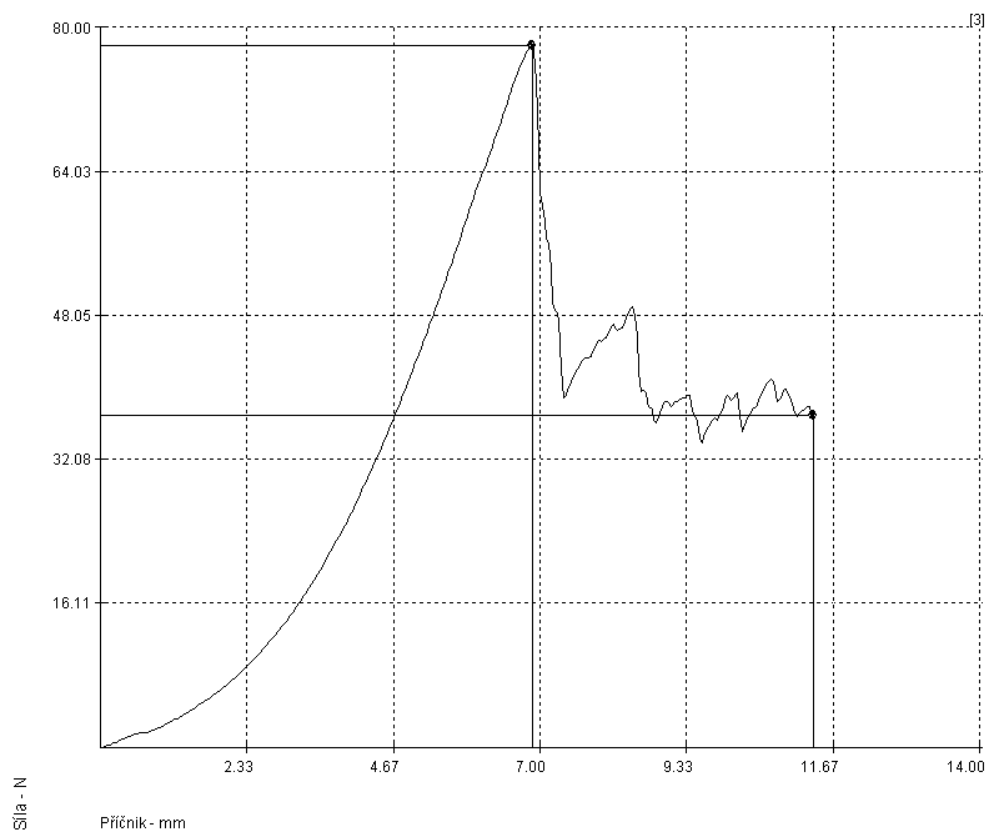


Graf 82: Série 18, vzorek 1

Příloha č. 3

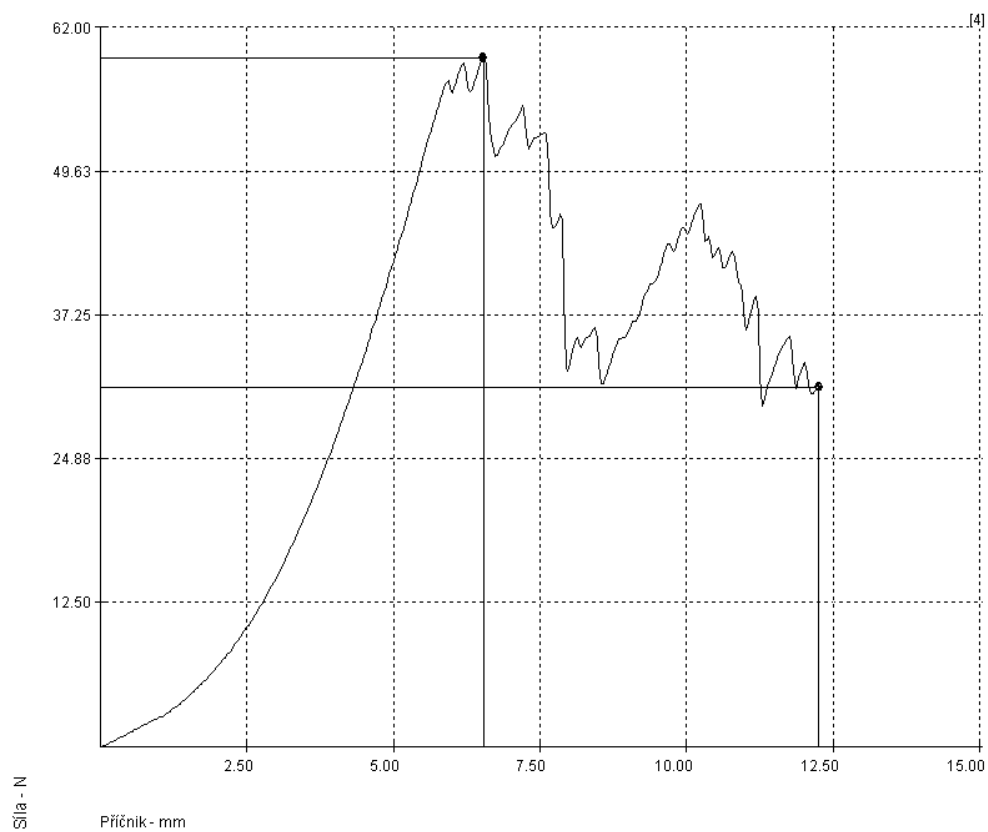


Graf 83: Série 18, vzorek 2

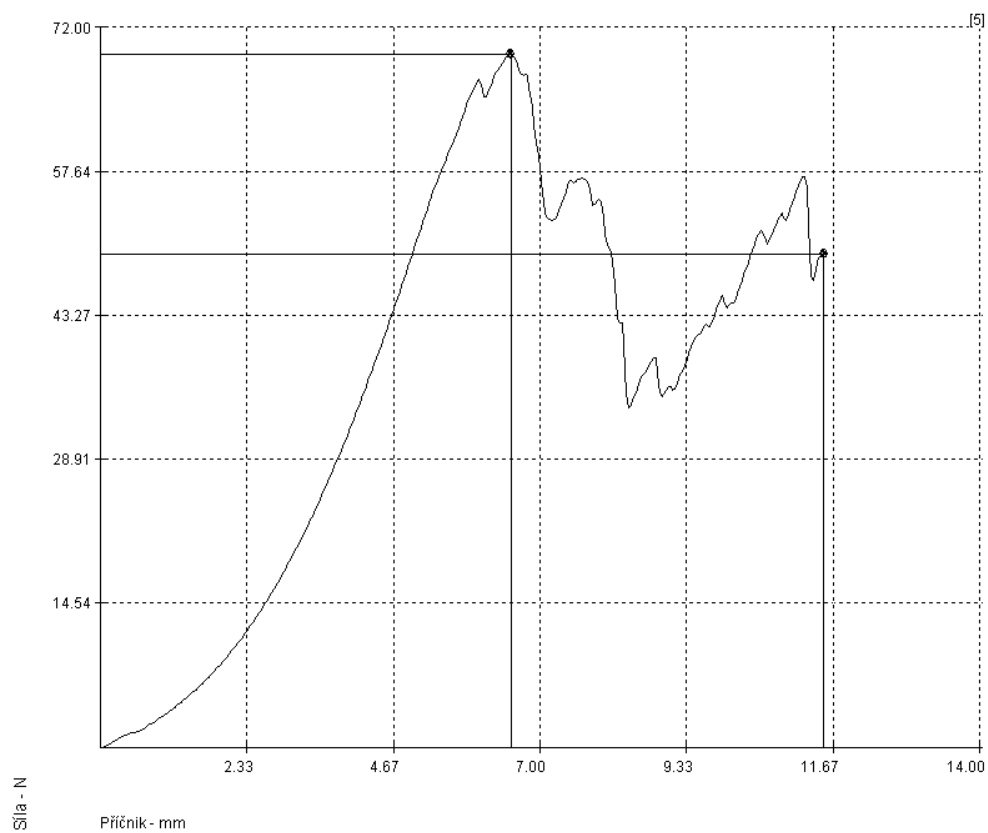


Graf 84: Série 18, vzorek 3

Příloha č. 3

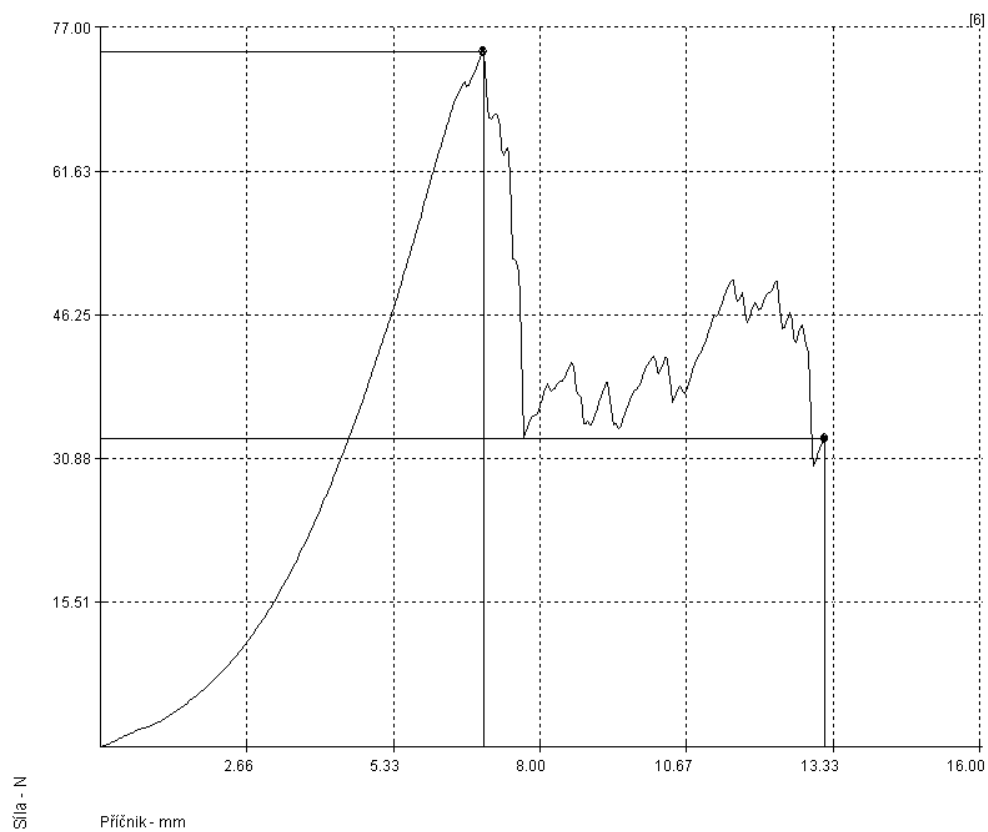


Graf 85: Série 18, vzorek 4

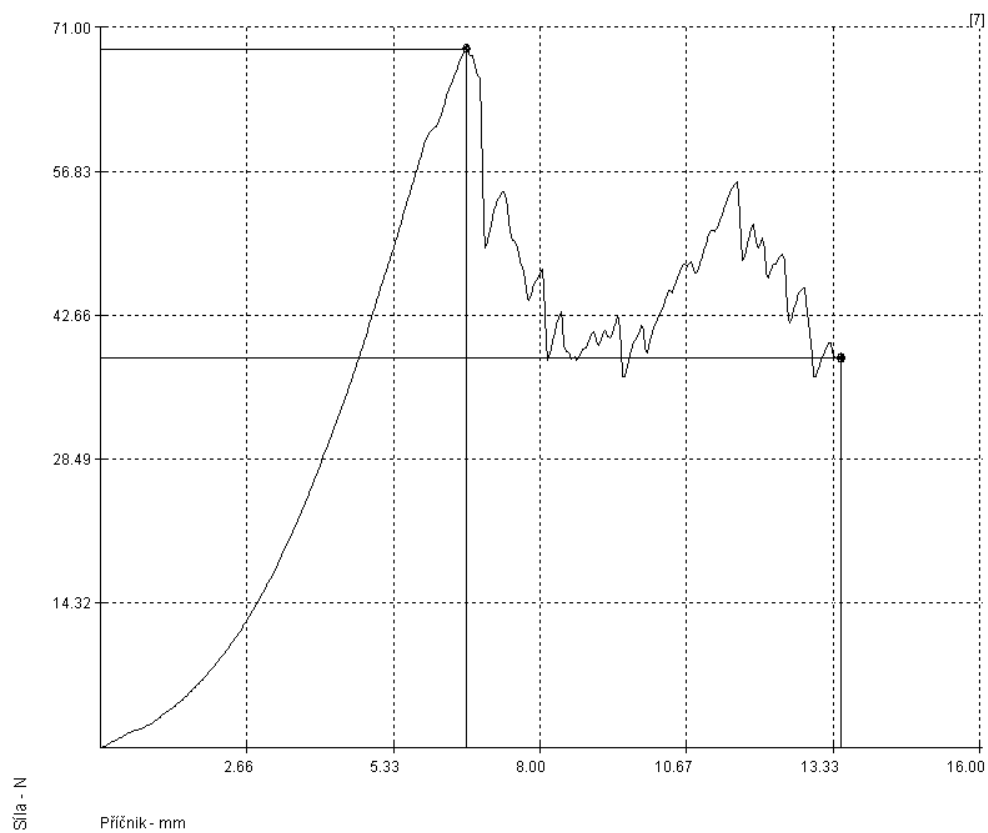


Graf 86: Série 18, vzorek 5

Příloha č. 3

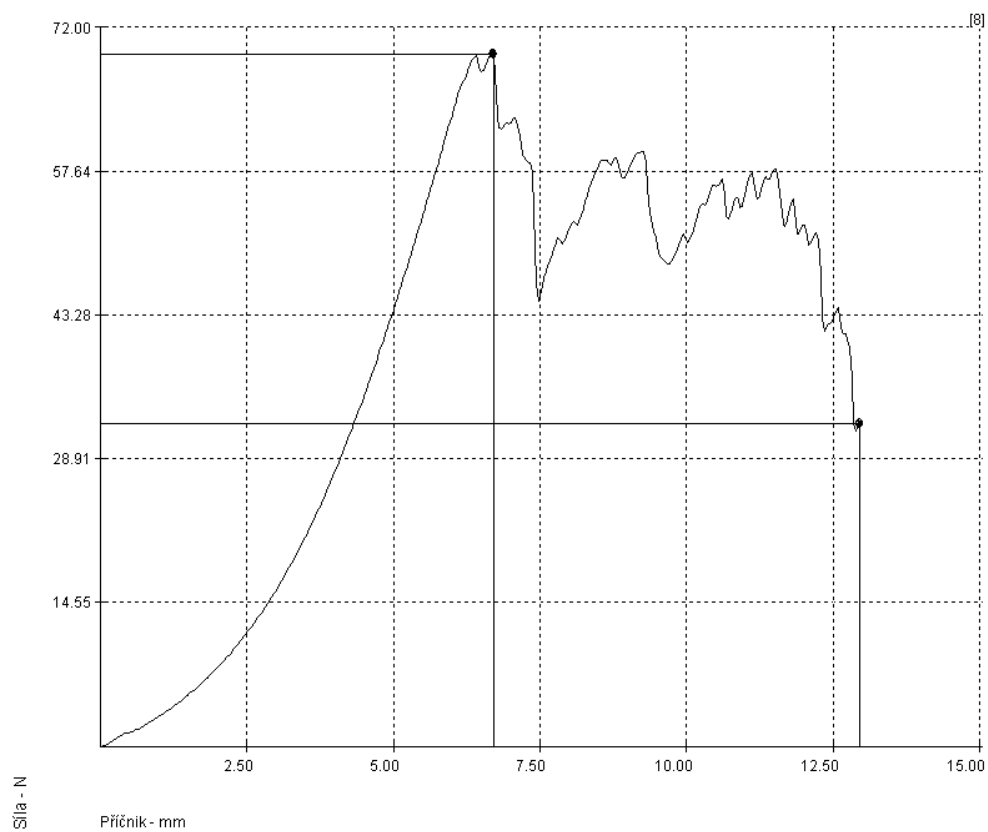


Graf 87: Série 19, vzorek 1

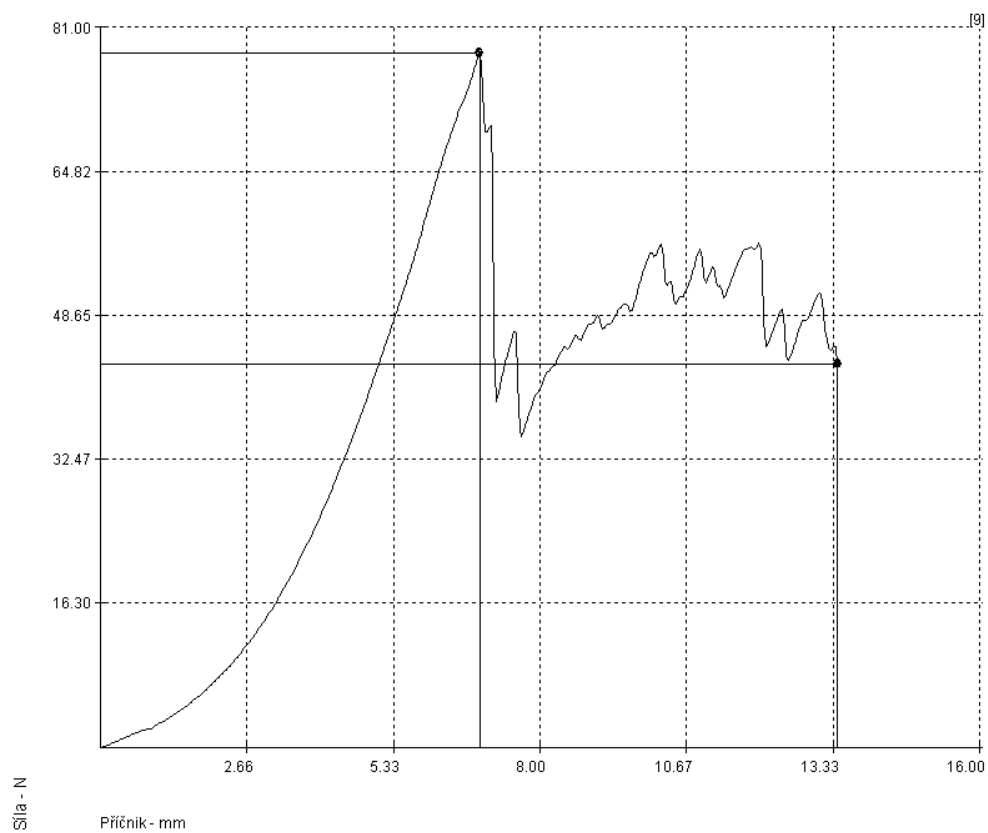


Graf 88: Série 19, vzorek 2

Příloha č. 3

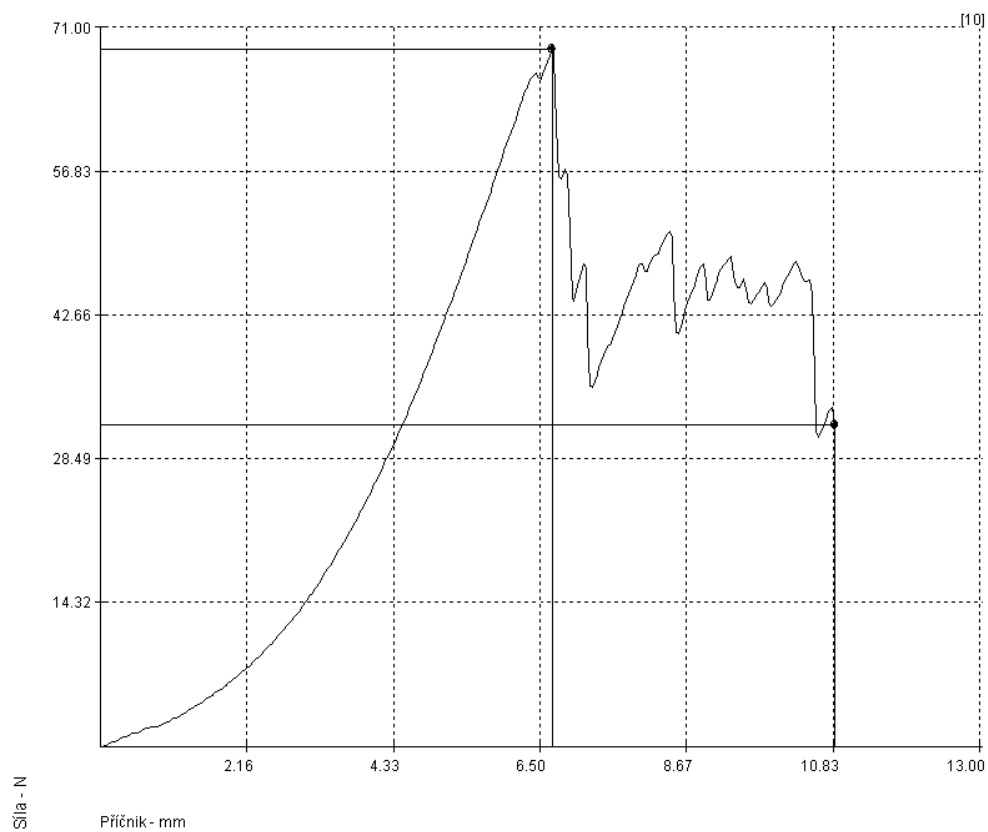


Graf 89: Série 19, vzorek 3

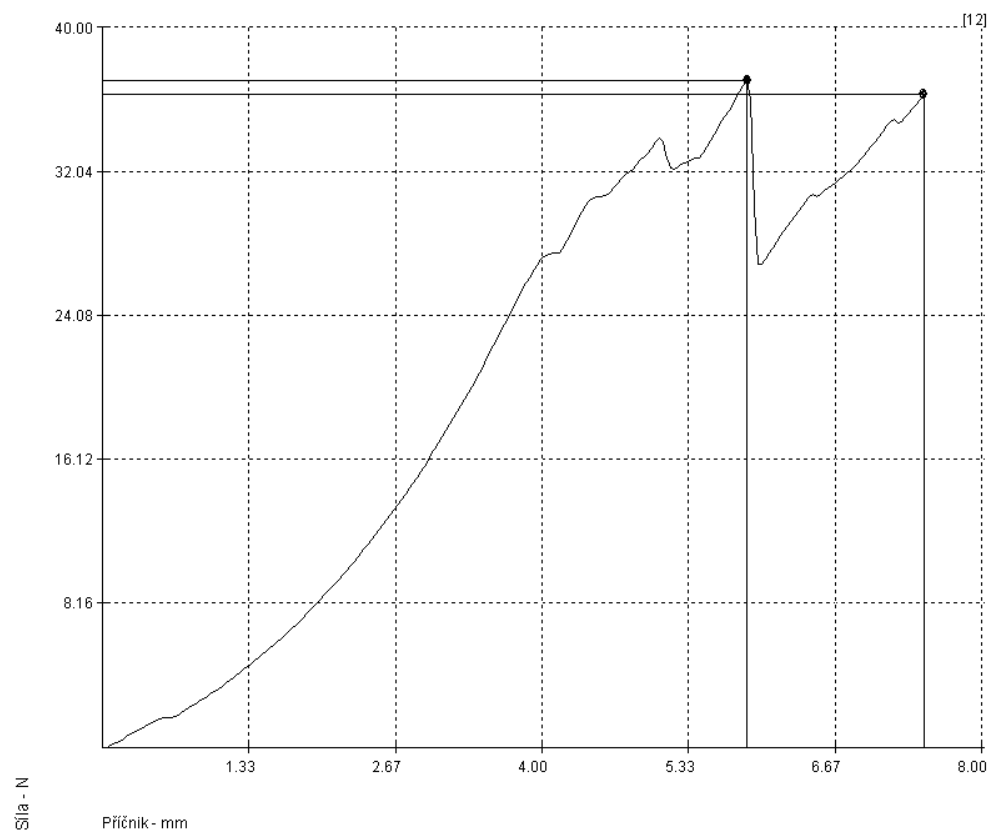


Graf 90: Série 19, vzorek 4

Příloha č. 3

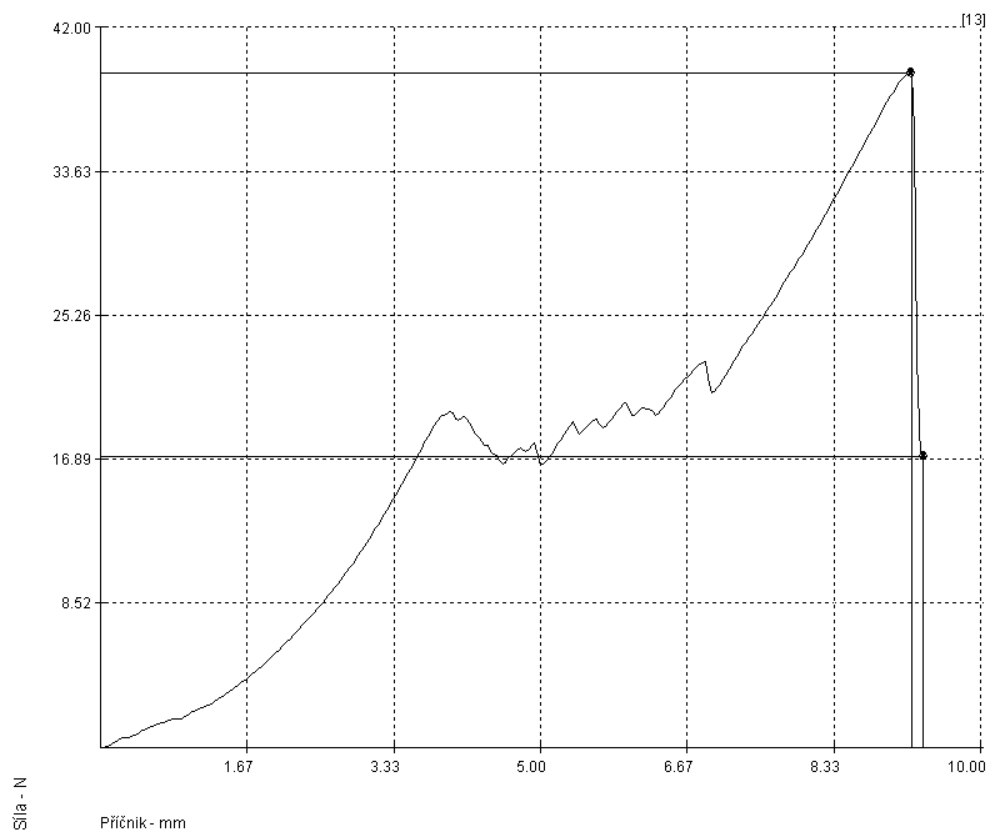


Graf 91: Série 19, vzorek 5

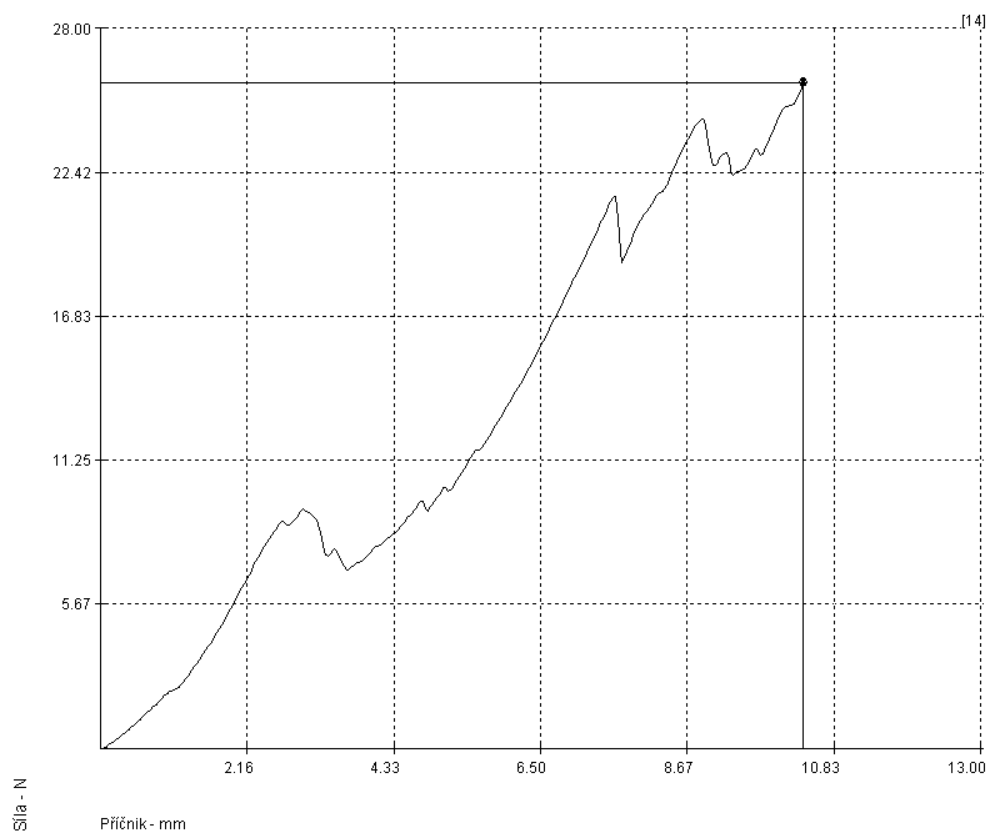


Graf 92: Série 20, vzorek 1

Příloha č. 3

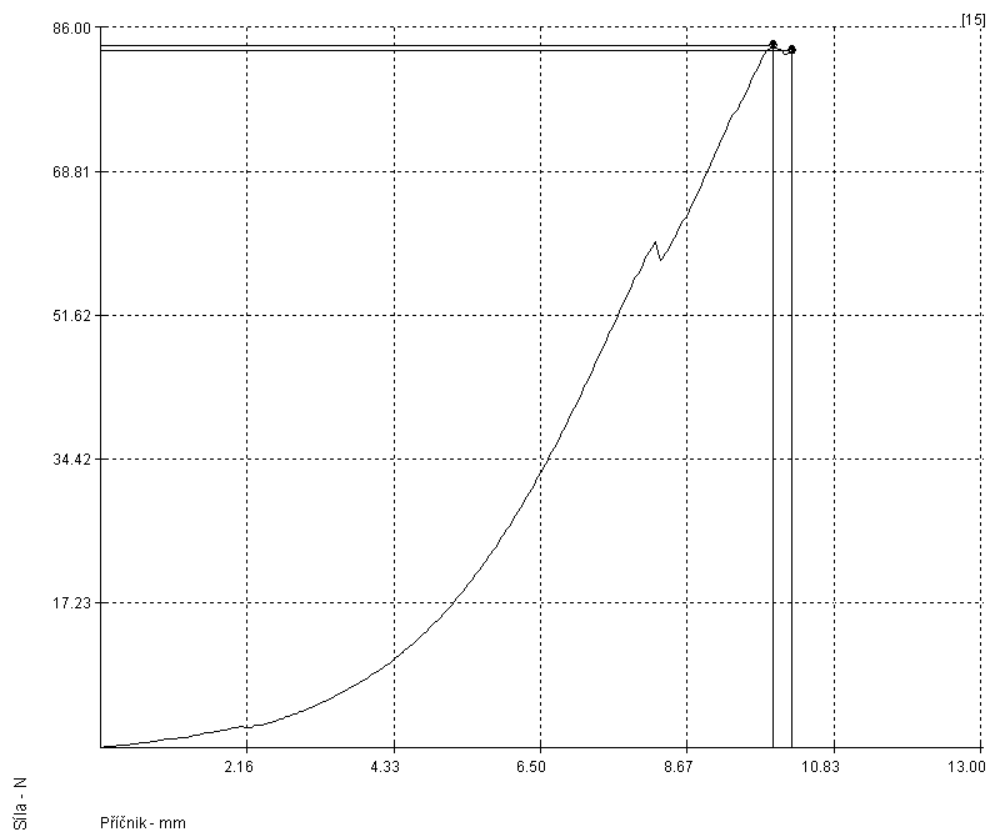


Graf 93: Série 20, vzorek 2

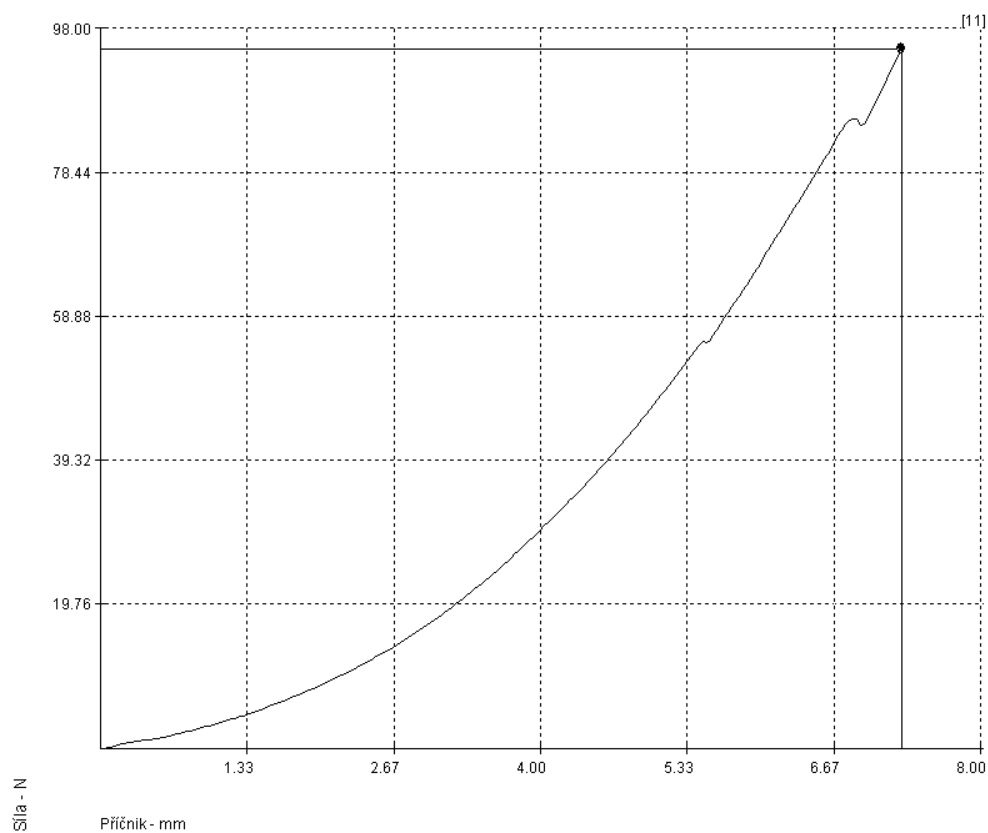


Graf 94: Série 20, vzorek 3

Příloha č. 3

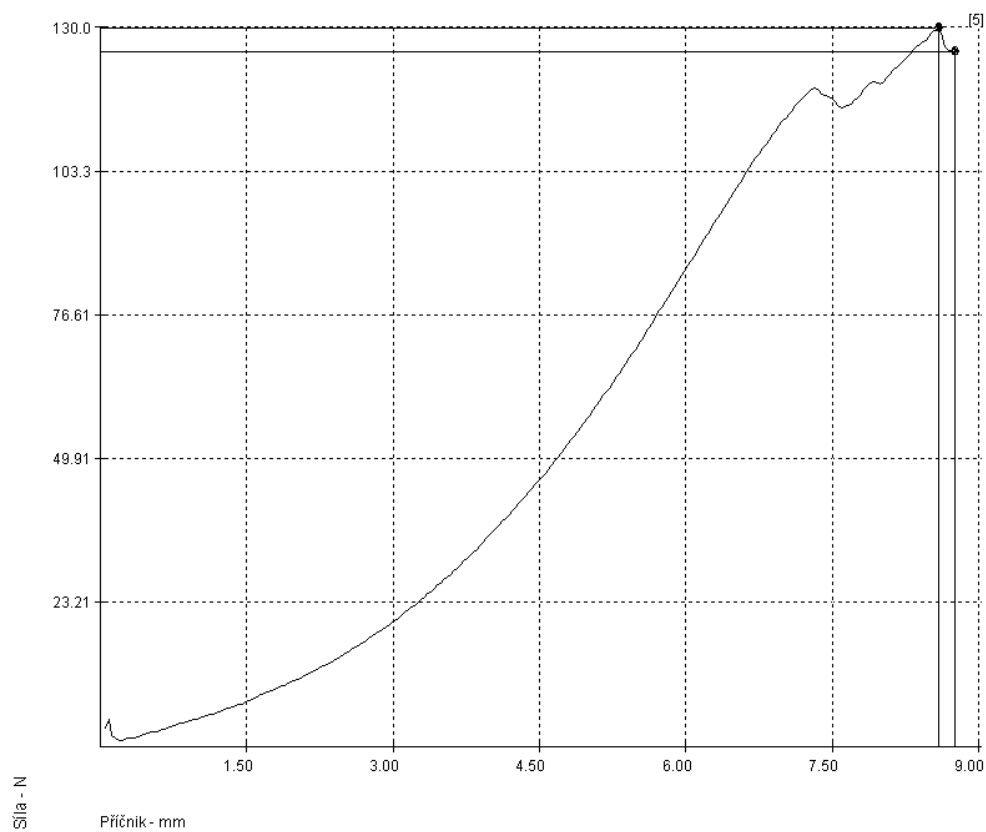


Graf 95: Série 20, vzorek 4

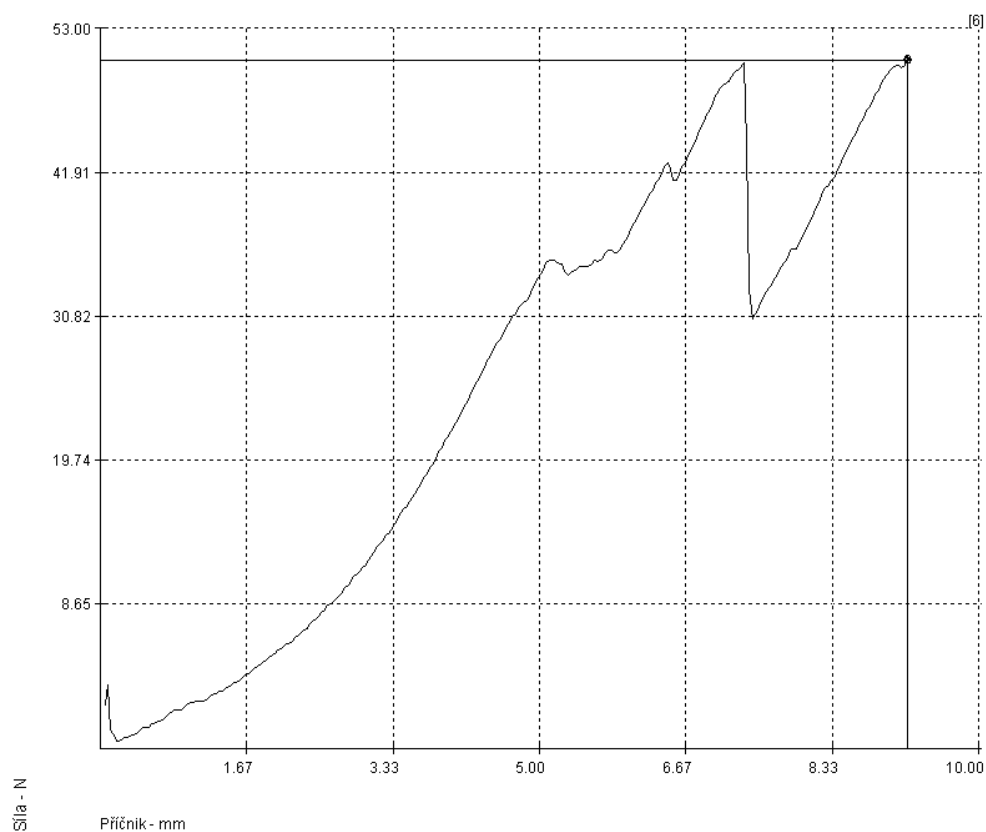


Graf 96: Série 20, vzorek 5

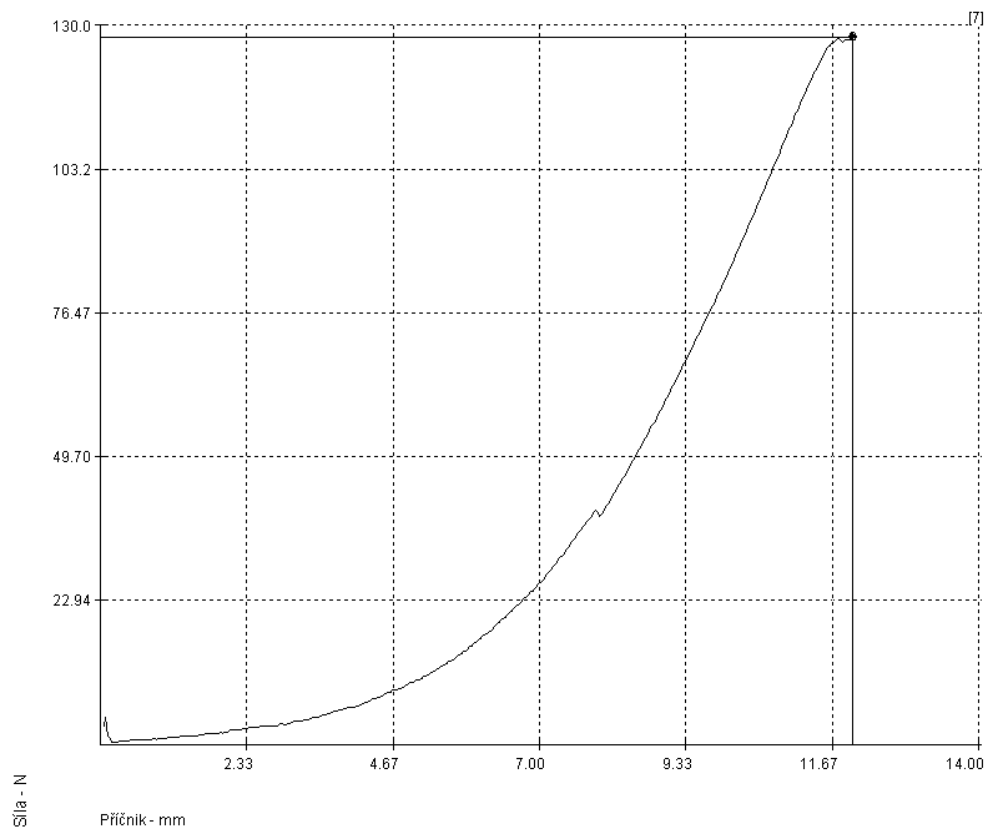
Příloha č. 3



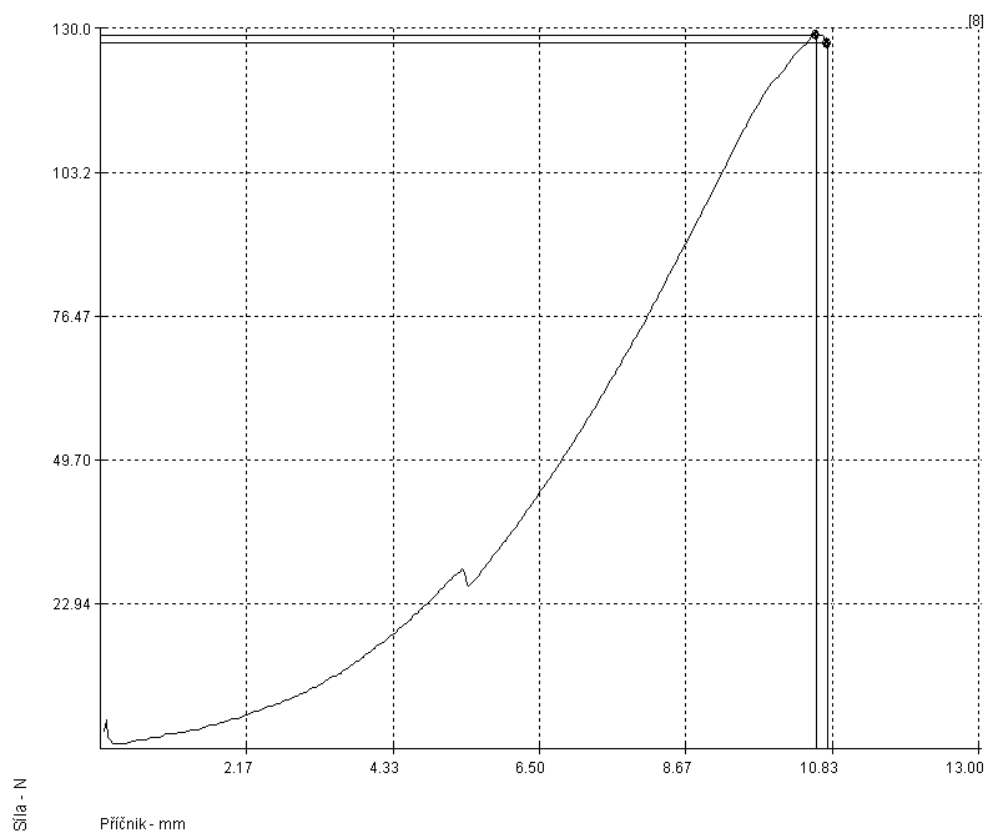
Graf 97: Série 21, vzorek 1



Graf 98: Série 21, vzorek 2

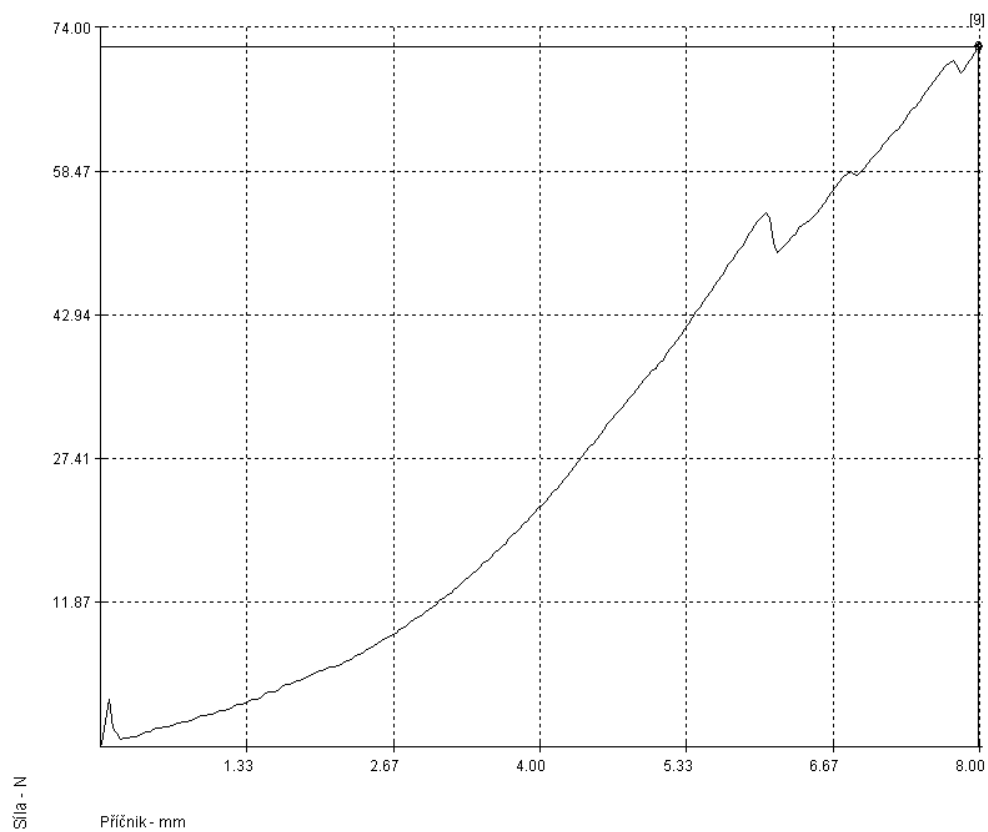


Graf 99: Série 23, vzorek 3

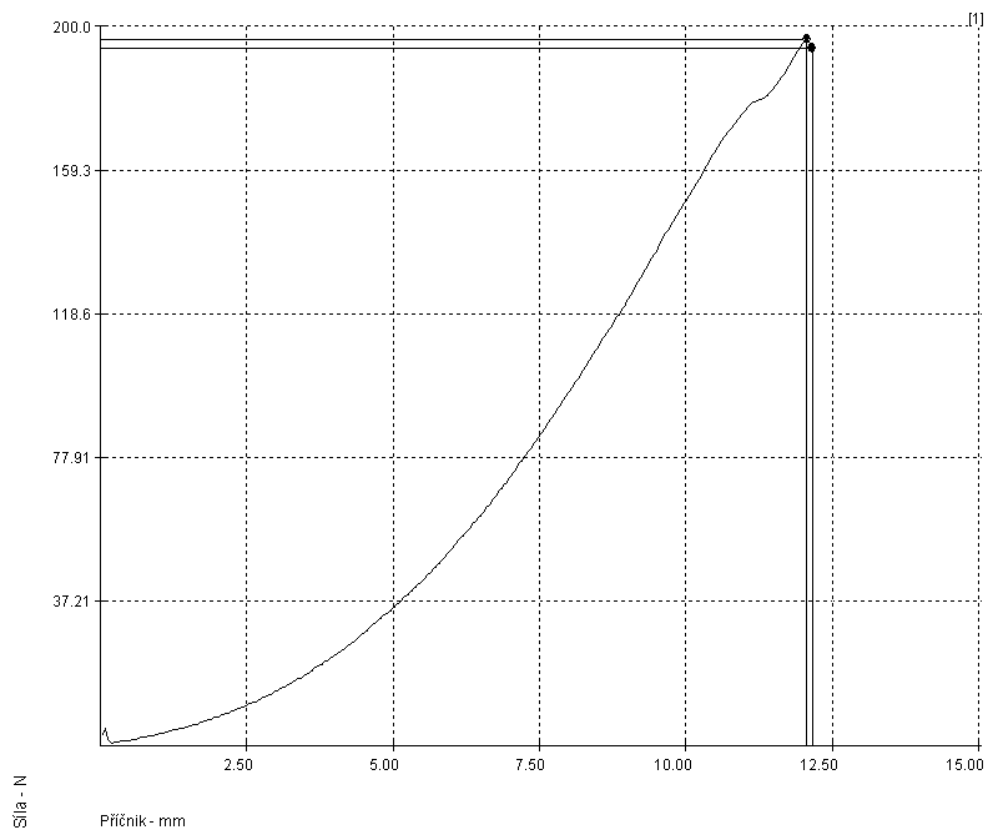


Graf 100: Série 21, vzorek 4

Příloha č. 3

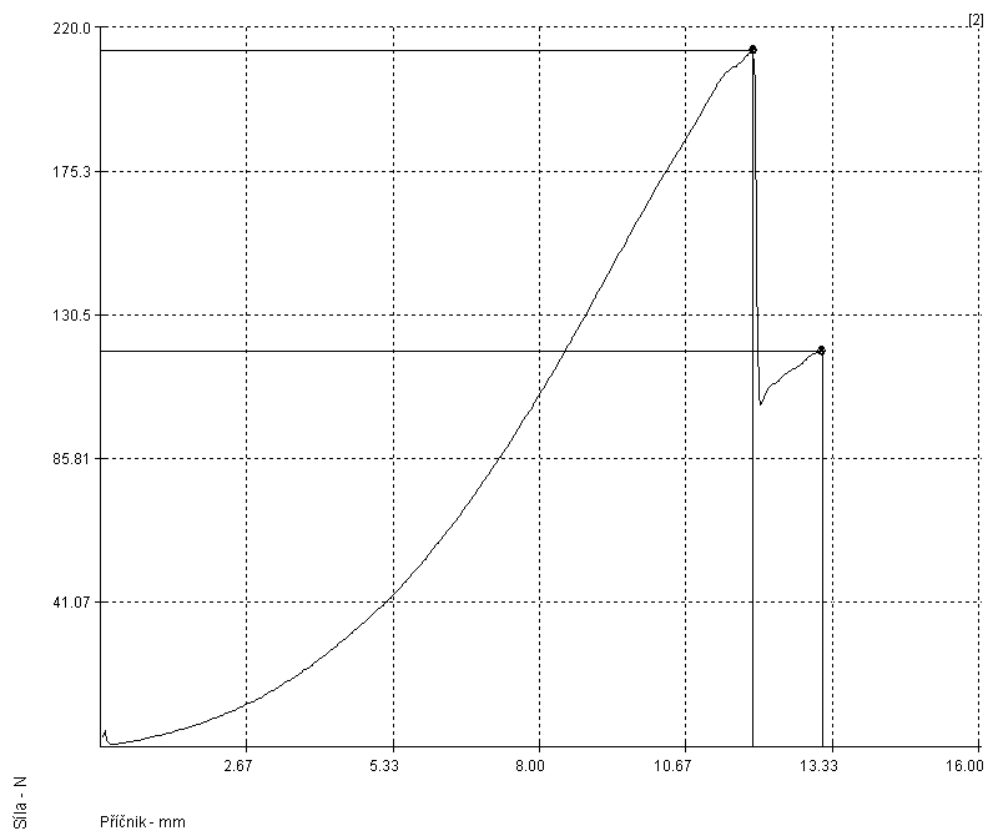


Graf 101: Série 21, vzorek 5

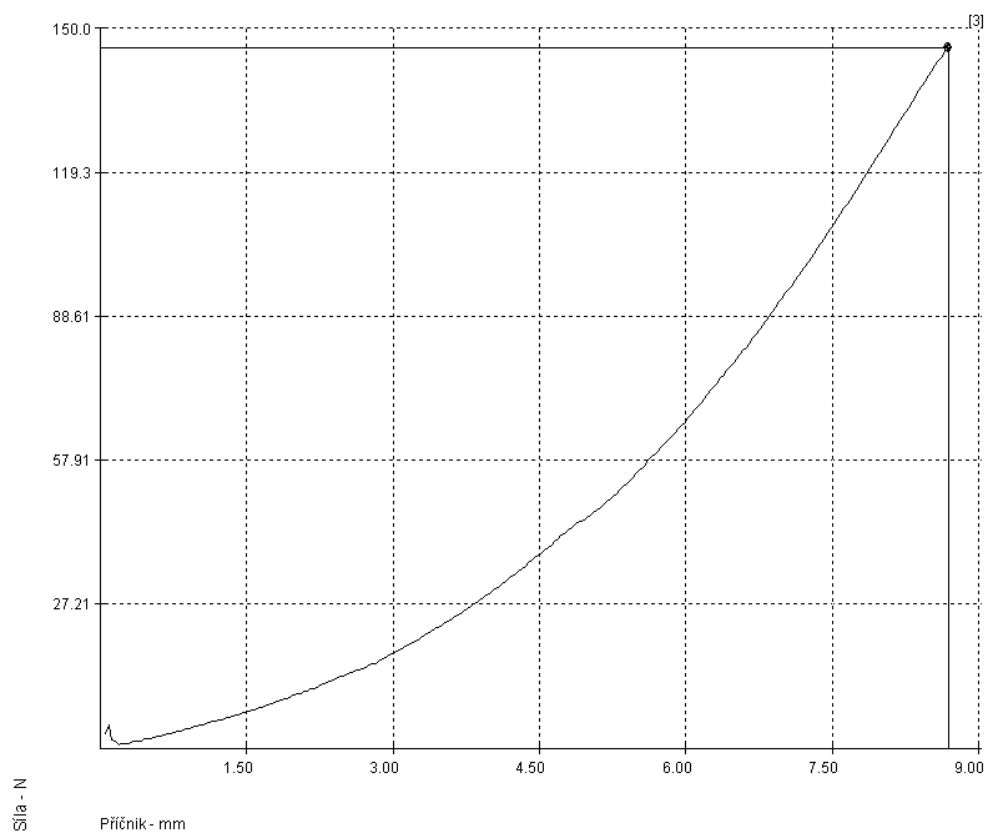


Graf 102: Série 22, vzorek 2

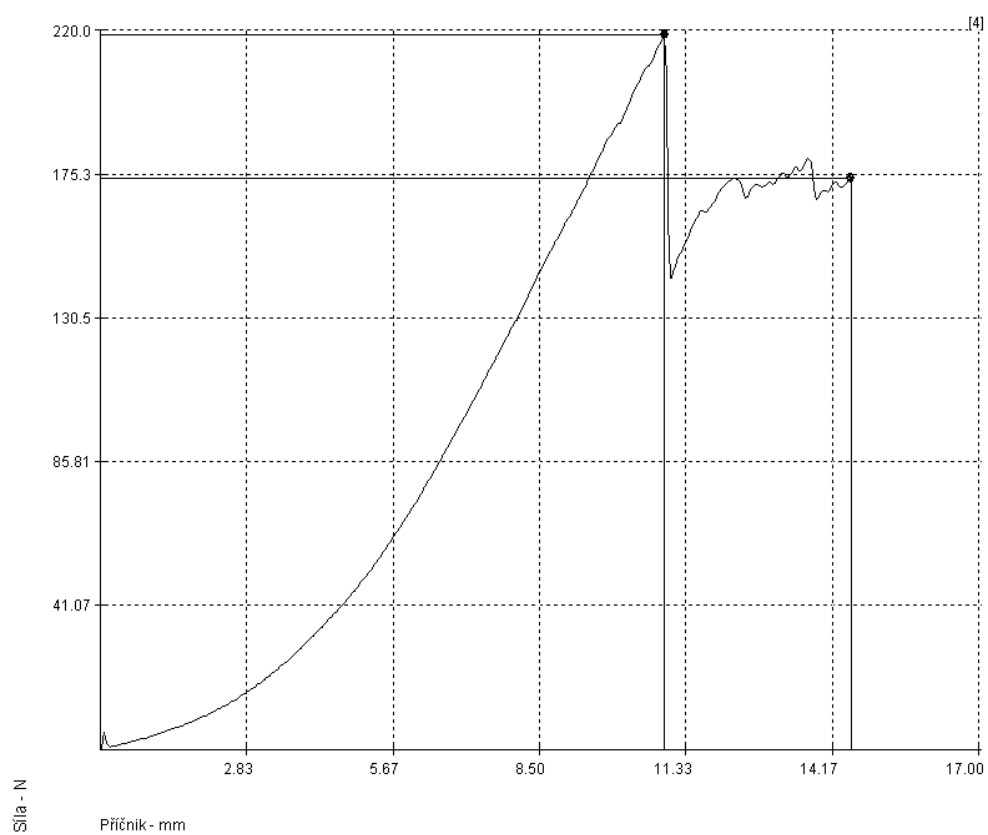
Příloha č. 3



Graf 103: Série 22, vzorek 3



Graf 104: Série 22, vzorek 4



Graf 105: Série 22, vzorek 5